

Actas del Octavo Congreso Nacional de

Historia de la construcción

Madrid, 9-12 de octubre de 2013

Volumen II

Instituto Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid

TEXTOS SOBRE TEORÍA E HISTORIA DE LAS CONSTRUCCIONES
Colección dirigida por Santiago Huerta

M. Arenillas, C. Segura, F. Bueno, S. Huerta (Eds.). **Actas V Congreso de Historia de la Construcción**

F. Bores, J. Fernández Salas, S. Huerta, E. Rabasa (Eds.). **Actas II Congreso de Historia de la Construcción**

A. Casas, S. Huerta, E. Rabasa (Eds.). **Actas I Congreso de Historia de la Construcción**

A. Choisy. **El arte de construir en Roma**

A. Choisy. **El arte de construir en Bizancio**

A. Choisy. **El arte de construir en Egipto**

A. Choisy. **Historia de la arquitectura.** (en preparación)

J. Girón y S. Huerta (Eds.). **Auguste Choisy: L'architecture et l'art de bâtir**

A. Graciani, S. Huerta, E. Rabasa, M. A. Tabales (Eds.). **Actas III Congreso de Historia de la Construcción**

R. Guastavino. **Escritos sobre la construcción cohesiva y su función en la arquitectura**

J. Heyman. **Análisis de estructuras: un estudio histórico**

J. Heyman. **El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica**

J. Heyman. **La ciencia de las estructuras**

J. Heyman. **Teoría básica de estructuras**

J. Heyman. **Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica**

J. Heyman. **Vigas y pórticos**

S. Huerta. **Arcos, bóvedas y cúpulas**

S. Huerta (Ed.). **Actas IV Congreso de Historia de la Construcción**

S. Huerta, R. Marín, R. Soler y A. Zaragozá (Eds.). **Actas VI Congreso de Historia de la Construcción**

S. Huerta, I. Gil Crespo, S. García y M. Taín (Eds.). **Actas VII Congreso de Historia de la Construcción**

S. Huerta (Ed.). **Las bóvedas de Guastavino en América**

S. Huerta (Ed.). **Essays in the History of the Theory of Structures**

S. Huerta (Ed.). **Proceedings of the First International Congress on Construction History**

J. Monasterio. **Nueva téorica sobre el empuje de las bóvedas** (en preparación)

J. R. Perronet. **La construcción de puentes en el siglo XVIII**

H. Straub. **Historia de la ingeniería de la construcción** (en preparación)

H. Thunnissen. **Bóvedas: su construcción y empleo en la arquitectura**

A. Truñó. **Construcción de bóvedas tabicadas**

E. Viollet-le-Duc. **La construcción medieval**

R. Willis. **La construcción de las bóvedas en la Edad Media**

Actas del Octavo Congreso Nacional de

Historia de la Construcción

OCTAVO CONGRESO NACIONAL DE HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN. Madrid, 9 – 12 octubre de 2013

Organizado por

Sociedad Española de Historia de la Construcción

Instituto Juan de Herrera

Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Universidad Politécnica de Madrid

Presidente

Santiago Huerta

Comité Organizador

Alfredo Calosci
Paula Fuentes González
Ignacio Javier Gil Crespo
Rafael Hernando de la Cuerda
Fabián López Ulloa
Esther Redondo Martínez
Ana Rodríguez García

Comité Científico

Bill Addis
Miguel Aguiló Alonso
Antonio Almagro Gorbea
Miguel Arenillas Parra
Ricardo Aroca Hernández-Ros
Begoña Arrúe Ugarte
Antonio Becchi
Maria Grazia D'Amelio
Dirk Bühler
José Calvo López
Antonio de las Casas Gómez
Rafael Cortés Gimeno
Manuel Durán Fuentes
Francisco Javier Girón Sierra
José Luis González Moreno-Navarro
Amparo Graciani García
Santiago Huerta
Rafael Marín Sánchez
Pedro Navascués Palacio
Enrique Nuere Matauco
John Ochsendorf
Enrique Rabasa Díaz
Antonio Ruiz Henando
Cristina Segura
Rafael Soler Verdú
Miguel Taín Guzmán
Fernando Vela Cossío
Arturo Zaragozá Catalán

Actas del Octavo Congreso Nacional de

Historia de la Construcción

Madrid, 9 – 12 de octubre de 2013

Edición a cargo de

Santiago Huerta

Fabián López Ulloa

Volumen II

INSTITUTO JUAN DE HERRERA
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid









ISBN: 978-84-9728-476-9 (Obra completa); ISBN: 978-84-9728-478-3 (Vol. II)
Depósito Legal: M-25996-2013
Portada: Construcción de la Galería de Máquinas. E. Monod, *Exposition de Paris 1889*
Fotocomposición e impresión:
GRACEL ASOCIADOS

Índice

Volumen I

Volumen II

La bóveda y el trespol. Cobertura y estructura del gótico meridional

Josep Lluis y Ginovart
Agustí Costa y Jover

Una de las características de la arquitectura gótica meridional, es que las grandes construcciones están rematadas por cubiertas planas, y acabadas con un grueso importante de *opus ceamenticium.* Este elemento está dispuesto sobre un relleno aligerado cerámico, sobre el extradós de la bóveda, y llamado tradicionalmente *trespol.* Algunos autores han querido ver en este sistema constructivo, la conexión con la tradición romana (Bassegoda Amigó 1944), (Torres Balbás 1946), (Bassegoda Nonell 1977) o (Zaragozá 2008). En los edificios religiosos, la sección inicialmente plana, evolucionó hacia cubiertas inclinadas. La nueva representatividad derivada del *Instructctionum fabricae et suppellectitis ecclesiasticae libri duo* (1577) de Carlo Borromeo (1538-1584), conllevó esta transformación formal.

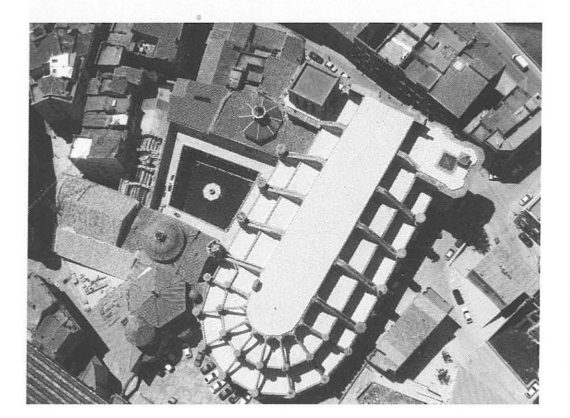


Figura 1
Catedral Santa María Tortosa (J.M. Roselló. C. Borràs)

El sistema constructivo de la técnica del *trespol,* no solo es útil para la impermeabilización de las cubiertas, sino también, y así lo intuyen los autores citados, como un elemento estructural. La catedral de Tortosa, fue inicialmente cubierta con un importante grueso de hormigón calcáreo sobre las bóvedas (figura 1). Esta capa de cubrición, no solo es una carga muerta, sino que puede actuar conjuntamente con la bóveda a través de la clave. Aparentemente, desde el análisis de la estática, un empuje situado sobre el enjarje de las bóvedas no es una acción favorable, pero el elemento sí que puede ser de gran importancia ante los empujes horizontales.

La cubierta de la catedral de Tortosa

En 1346 el Capítulo tortosino encarga al *magíster operis*, Bernat Dalguaire, una nueva catedral que había de sustituir la seo románica. La cabecera de la catedral de Tortosa, de planta heptagonal, fue levantada y cubierta entre 1374 y 1441, su proceso ha sido documentado en los *llibre d'obra* (ll.o. ACTo Archivo Capitular Tortosa) (Almuni 2007). Dispone de un ábside con doble deambulatorio, que abrazaba la anterior catedral románica por el exterior. Una primera fase supuso la construcción del cinturón de capillas radiales, cubiertas de forma correlativa y secuencial, desde el sector del evangelio al de la epístola, entre 1383 y 1424. La

sección inicial, de proporción 9/5, es relativamente baja y poco usual a finales del siglo XIV, decisión que se explicaría por la eliminación de los muros existentes entre las capillas radiales (Lluis 2009).

La segunda fase determinará la construcción del deambulatorio (1424-1435). En este momento se produce un aumento de sección por el paso a una métrica sesquitercia (9/6). Se advierte también un cambio de método. A diferencia de la secuencia constructiva de las capillas, las bóvedas del deambulatorio fueron cubiertas simétricamente (1432-1434) sobre el eje del presbiterio, cerrando desde la boca de éste hacia el interior. La tercera y última fase corresponde a la cubrición del presbiterio (1435-1441), con la colocación primero de la gran clave y el cierre inmediato de las bóvedas (Lluis y Almuni 2011).

El concepto de reducto fortificado pesa en la idea inicial del diseño de la nueva catedral gótica. Muestra de ello son las almenas de remate de los muros de las capillas radiales, de San Pedro y San Pablo. Así la posibilidad de tener unas azoteas practicables, inspiraron un diseño absolutamente plano, con un acabado con mortero de cal, a manera de *opus ceamenticium* (figura 2).

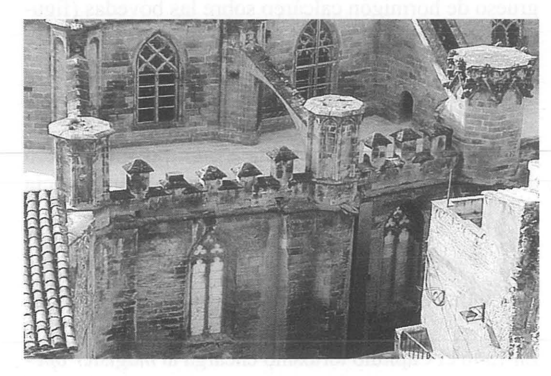


Figura 2
Remate con almenas de las capillas de San Pedro y San Pablo (J. Lluis i Ginovart)

Durante la redacción del Plan Director (1995-2000), se realizó una cata (1996), que concluyó con la existencia de hasta tres cubiertas diferentes (Lluis y Llorca 2000, 50) (figura 3). Una primera inclinada [Cob. C], de teja árabe con una pendiente del 8% y un grosor en la parte más alta de 0.55 m. Una azotea plana [Cob. B], acabada a la catalana, con elementos cerámicos (0.32x0.16x0.03 m), con un grueso de unos 0.15 m. en la limatesa. Bajo esta cubierta apareció la cubierta gótica [Cob. A], la cubierta original, con el *trespol* original (Almuni 1991, 214) (figura 4). El acabado exterior es de mortero de cal y canto rodado, con un grueso entre (0.23-0.46 m). Debajo, encontramos un relleno de cerámica hasta el trasdós de la bóveda. En la catedral de Tortosa, y a partir de finales del siglo XVI, la sección de la cubierta plana fue evolucionando hacia un corte constructivo de tabiques conejeros y acabado de rasilla cerámica, sustituyendo a la técnica original del *trespol*.

Este sistema constructivo, en sus diferentes variantes de acabado exterior, de trespol o rasilla cerámica, y superficie plana o alabeada, ha sido definido por Juan Bassegoda Nonell (1930-2012), como bóveda gótica catalana. Ha sido utilizado en numerosos edificios de la Corona, especialmente estudiados en Barcelona; la catedral de Barcelona, Monasterio de Pedralbes, Santa María de la Mar, Hospital de la Santa Cruz o la Iglesia del Pino de Barcelona. (Bassegoda Nonell 1989ª, 133-146; Bassegoda Nonell 1989b, 30-38).

El sistema constructivo mediante aligeramiento cerámico, es frecuente en el Levante y Sur de la península ibérica. Los libros de fábrica de las catedrales de Barcelona (Carreras 1914,132-133), de Mallorca (Domenge 1999, 288) o Tortosa (Almuni 1991, 165, 181-182) (Almuni 2007, 135, 186) así lo revelan. Las catas arqueológicas como las de Tortosa han revela-

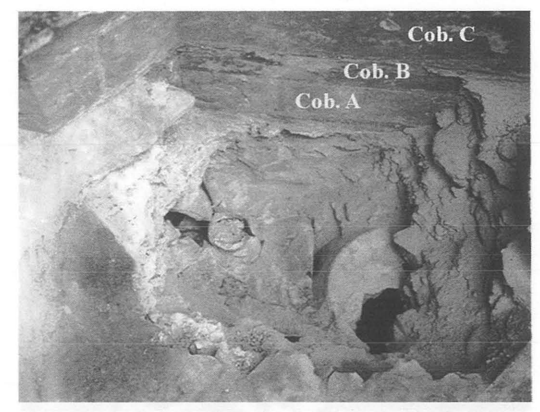


Figura 3
Rellenos cerámicos de la cubierta gótica, *trespol* (J. Lluis i Ginovart)

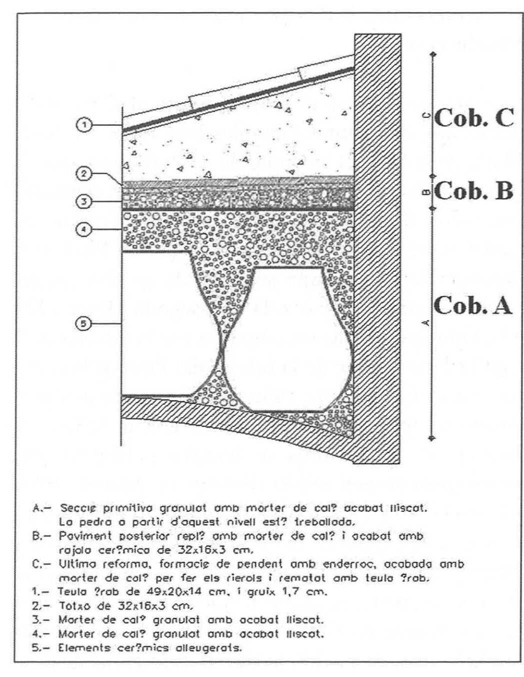


Figura 4
Sección de las cubiertas Catedral de Tortosa (J. Lluis i Ginovart)

do soluciones similares en Santa María de Alicante (Borrego y Saranova 1994, 181-198), en la catedral de Mallorca (González 1987, 469-482) o en la de Sevilla (Jiménez 2000, 561-567).

La formalización de estos edificios religiosos, de sección plana, evolucionó hacia cubiertas inclinadas, debido a la influencia del *Instrucctionum fabricae* de Carlo Borromeo (1538-1584). La nueva imagen conciliar de Trento (1545-1563), impone una mayor presencia en la ciudad Renacentista, con una nueva referencia simbólica de estos edificios. Por ello el nuevo modelo con tejados inclinados, con la intención de reproducir los decorados como de los tiempos de Constantino, *laqueata tecta,* Liber I. Caput V *De tecto* (Borromeo 1859, 27-29).

Las cubiertas planas del gótico meridional

Esta configuración constructiva y estética de las cubiertas planas, ha sido valorada como una de las características propias del gótico meridional. Así, G.E. Street (1824-1881) resalta la peculiaridad de la cubierta plana de la catedral de Barcelona, como un hecho insólito (Street 1865, 302). Resultan extrañas para R. Lasteyrie (1849-1921) las cubiertas planas de las catedrales del Sur de Francia, como Saint-Nazaire de Carcassonne, Béziers o la de Burdeos, con un techo apoyado directamente sobre los riñones de la bóveda como se hacia en época romana (Lasteyrie 1926, 351). E. Viollet-le-Duc (1814-1879), al describir las terrazas de los modelos de las catedrales del Midí francés; Clermont, Limoges y Narbona, las entiende como una de las características evolutivas de los constructores góticos del Norte (Viollet-le-Duc 1854-1868, 2, 372-375). Será Josep Puig i Cadafalch (1867-1956) quién tomará como referencia estas catedrales como el inicio de la transformación de la catedral del Norte importada a Catalunya (Puig i Cadafalch 1921). La diferenciación especifica del gótico meridional, es asumida en las tesis de Hans Sedlmayr (1896-1984), frente a los modelos franceses e ingleses (Sedlmayr 1950). Este concepto fue matizado por algunos autores, con la contextualización específica del gótico catalán, frente a los modelos meridionales (Bofill 1977, 39-49). El gótico meridional, con un clima diferente, plantea dos características tipológicas diferenciadas, la utilización de cubiertas planas, y menor superficie de ventanas en los paramentos verticales (Zaragozá 2000) (figura 5).

En el debate arquitectónico, Buenaventura Bassegoda i Musté (1896-1987), recoge las palabras del obispo Josep Torres i Baiges (1846-1916); *la arquitectura gótica en Cataluña no presenta exuberancia, fantástico idealismo ni sublimes exageraciones como en otras partes, sino que demuestra el equilibrio de facultades, la moderación de espíritu y la tendencia practica de la raza.* Así Bassegoda i Amigó diverge los espíritus dispares del romano y el del Norte. El primero es el sentido de la mesura, el apego a la realidad sensible. El otro, es el dominio de la imaginación y del ensueño (Bassegoda Musté 1946: 187-197). En la monografía sobre Santa María de la Mar, Bonaventura Bassegoda Amigó (1862-1940), plantea una evolución de los modelos meridionales. La secuencia que propone; Santa María de la Aurora de Manresa, Santa María de la Mar y la catedral de Mallorca. (Bassegoda Amigó 1925: 178-208). Bonaventura Bassegoda i Musté (1896-1987), junto a Fransec Guardia Vial (1881-1940) y Lluís Bonet i Garí

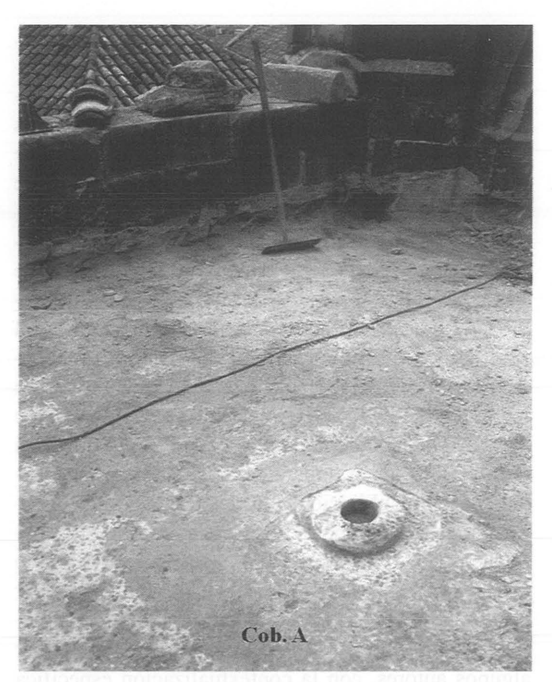


Figura 5
Acabado original de la cubierta gótica, *trespol* (Cob.A). Catedral de Santa Maria de Tortosa (J. Lluis i Ginovart)

(1893-1993), realizaron una visura en 1934 de Santa María de la Mar, en que destacaron el racionalismo estructural de este edificio gótico, a partir del análisis de las bóvedas y la cubierta plana del edificios (Bassegoda Musté 1944).

Desde el punto de vista estructural, la cobertura de un espacio sobre el que se sitúa un importante grueso de hormigón plantea situaciones mecánicas complejas. Leopoldo Torres Balbás (1888-1960) comprueba la funcionalidad estructural de nervios y ojivas (Torres Balbás, 1939) (Torres Balbás 1945). Bassegoda Nonell expone cómo los modelos de tradición romana dieron forma constructiva a las bóvedas medievales a la romana (Bassegoda Nonell 1977, 287-382). La concepción de este modelo estructural, ha sido nuevamente puesta a debate por Arturo Zaragozá, planteando el trabajo conjunto de la bóveda con la capa superior de mortero de cal (Zaragozá 2008, 99-126). La cuestión de por qué se impone un importante peso muerto en la cara superior de las bóvedas meridionales, con lo que ello representa en la ejecución de la fábrica, vuelve a estar a debate.

El modelo mecánico de la bóveda del gótico meridional

Encontramos muestras sobre la capacidad mecánica del trespol en algunos ejemplos históricos. En Santa María de la Mar, el incendio de 1379 provocó que algunos de los sillares de las bóvedas fueran reparados con cuñas de hierro ancladas a la losa superior, las cuales fueron encontradas en la visura de 1934. Esto demostraría que la capa superior de *opus ceamenticium* se mantuvo por si sola (Bassegoda Musté 1944, 63). Otra comprobación empírica fue la bóveda de la capilla de la Sangre de la Iglesia del Pino de Barcelona, tras el incendio de 1936. La bóveda de piedra se desplomó, pero la parte superior con el relleno de mortero de cal y ollas se sostuvo perfectamente. (Bassegoda Nonell 1983) (Bassegoda Nonell 1989a, 142-143) (Bassegoda Nonell 1989b, 36) (figura 6).

Según lo expuesto, la cuestión sobre el comportamiento mecánico del trespol plantea diferentes hipótesis. Por una parte, desde el cálculo tradicional, siempre se ha considerado como un peso muerto apoyado sobre la bóveda de piedra, la cual transmite los empujes a pilares y muros. Por otra, las evidencias constructivas anteriormente expuestas revelan una cierta capacidad para soportar su propio peso, y así lo afirman autores como Joan Bassegoda (Bassegoda Nonell 1978, 101). Esto podría suponer que el gran canto de hormigón medieval, fuera suficientemente rígido como para mantenerse en pié, en caso de que no apoyara sobre la

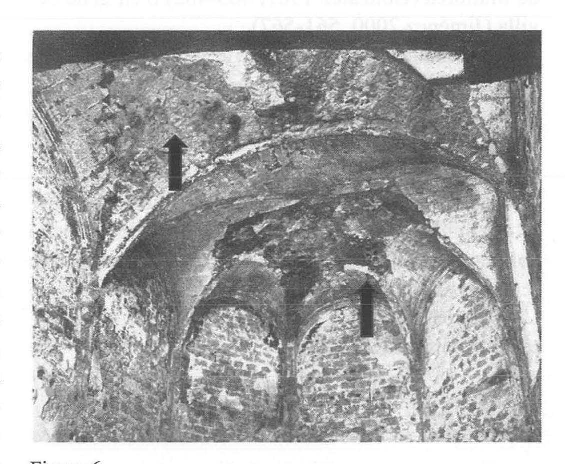


Figura 6
Derrumbe Iglesia del Pino (1936). (Bassegoda Musté 1944, Lam.1)

bóveda, trabajando como una losa apoyada sobre los muros. La naturaleza del material, que tiene gran resistencia a compresión y muy baja a tracción, plantea la posibilidad de que se llegue a formar un arco de descarga en el interior del gran canto, pudiendo pasar a funcionar como una bóveda.

Comprobación analítica del trespol en la catedral de Tortosa

El ábside heptagonal de la catedral de Tortosa está rematado en sus tres niveles por un grueso de mortero de cal que oscila entre 1 y 2 palmos (0,23 y 0,46 cm) de espesor. Tomando como base el descenso de cargas (Costa 2012) para la sección característica del ábside, se ha comprobado el efecto que tendría sobre la estabilidad del edificio que el *trespol* dejara de apoyar sobre el relleno de las bóvedas y trabajara como una segunda bóveda independiente. Así se comparan los modelos; el tradicional, suponiendo el *opus cementicium,* como una carga muerta sobre la bóveda (LDP A), y suponiendo que este actuara con independencia del cuerpo inferior de *gerres* y bóvedas (LDP B).

Para la caracterización de las cargas se han utilizado los siguientes pesos específicos:

Piedra arenisca: 2300 Kg/m^3
Relleno aligerado: 30 Kg/m^3
Trespol: 1800 Kg/m^3

Se considera la sección constructiva idéntica a los ejemplos del gótico meridional (Bassegoda 1989b, 33), consistente en la bóveda propiamente dicha, con un grosor de la plementería de 23cm, sobre la que apoya un relleno aligerado con *gerres* y la capa de mortero de cal. El trazado de la línea de presiones (LDP) se ha realizado en el marco teórico del análisis límite (Heyman 1999, 15-18) y el enfoque del equilibrio (Huerta 2005, 73-89). Esto supone considerar que la fábrica tiene resistencia infinita a compresión, nula resistencia a tracción y que el deslizamiento entre piezas es imposible. A demás, si es posible encontrar un solo estado de equilibrio en que las líneas de presiones queden contenidas dentro de la sección resistente, la estructura será estable.

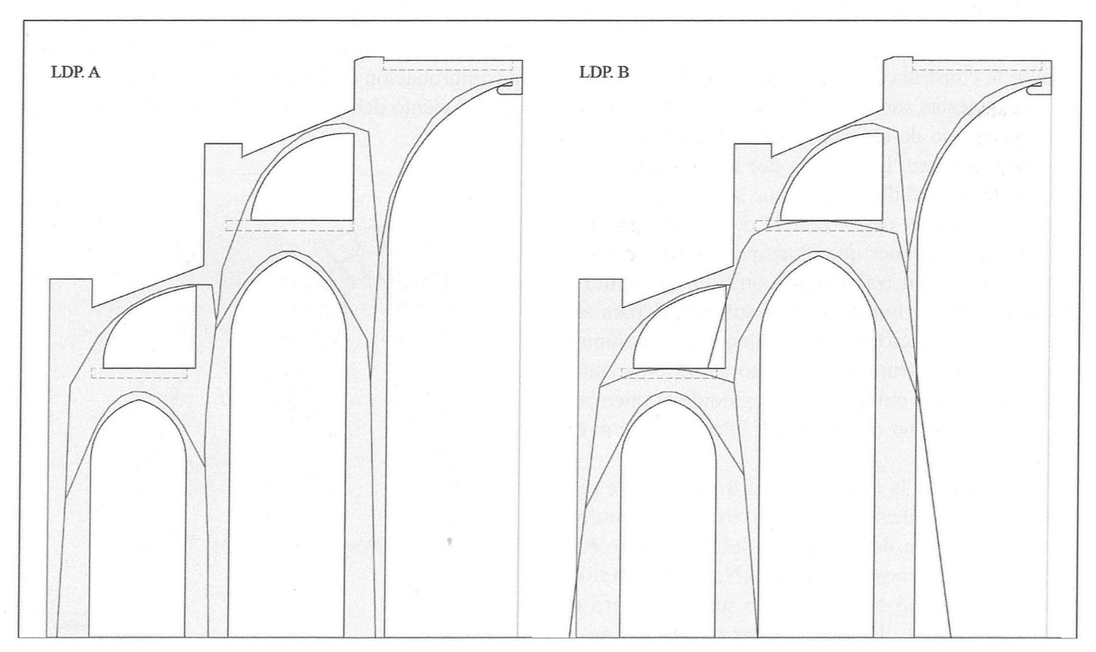


Figura 7
Comparativa línea de presiones

Se ha trazado la línea de presiones de la estructura según dos hipótesis (LDP A), (LDP B). El descenso de cargas A (LDP A), se ha realizado de forma tradicional, considerando el trespol como un peso muerto. En el caso B (LDP B) se ha considerado que el trespol no apoya sobre la bóveda y produce empujes sobre el sistema de contrarresto. En la figura 7 podemos observar cómo en A (LDP A) no resulta complicado encontrar una solución estable a pesar de la complejidad de la estructura. En el caso de B (LDP B), aunque los pesos y cubicajes son los mismos, la incidencia del empuje del *trespol* provoca que no pueda encontrarse una solución estable. Esto se debe a que el ángulo del empuje tiende a la horizontal (empuje máximo), y a que el punto de incidencia está situado a mayor altura, de manera que el sistema de contrarresto no puede contrarrestar el empuje.

Conclusiones

Desde el análisis del cálculo gráfico realizado sobre la sección del plano estructural, se ha comprobado que el *trespol* produciría una acción desfavorable en caso de comportarse como una bóveda, pudiendo llegar a comprometer la estabilidad del edificio. En el caso de la construcción de las bóvedas de la catedral de Tortosa, éstas son descimbradas antes de la ejecución del relleno de la jarras y de la primera capa del *opus cementicium*. La bóveda por tanto, actúa como un encofrado perdido sobre el que se apoya el cuerpo superior. Así en el caso eventual de un colapso de la bóveda, cabe suponer que el trespol tendría una respuesta estructural trabajando como un elemento a flexión, con una rigidez y canto suficientes para ser estable. Esto reduciría considerablemente el volumen de material de derrumbe, auto soportándose y manteniendo el espacio cubierto y protegido de la intemperie, como de hecho ocurrió en la Iglesia del Pino en Barcelona (1936).

Por otra parte, la existencia del trespol puede responder a otros criterios constructivos y estructurales. Así la gran clave de la bóveda del presbiterio (d= 2,32 m), con un peso de 87'46 kN, imprescindible para su estabilidad, tiene un canto superior al grosor de la plementería, llegando a estar empotrada en el trespol. Esto favorece que, en caso de una apertura de los estribos, la clave minimice su asiento al estar trabada, formando una estructura encaballada (Bassegoda Nonell 1978, 102). Si por el contrario, los soportes se movieran hacia el interior, esto pondría en marcha el típico mecanismo de colapso para arcos apuntados. El peso del *trespol*, con la disposición constructiva descrita, supondría una acción favorable al evitar que la clave subiera. No solamente va a influir el grosor de la calve sobre la plementería, sino también el ángulo de encaje con los futuros nervios. En el *De l'art de picapedrer*, (1653) de Joseph Gelabert (b.1621), de tradición meridional, aparece la representación de diferentes bóvedas (Gelabert 1971, fol. 253-283), donde la talla de la clave que va a recibir el nervio es de sección inclinada, y la parte superior de ésta es de sección curva. Enrique Rabasa Díaz matiza con respecto a la talla de Gelabert, que la norma gótica hace que ésta sea vertical, ya que los nervios se desarrollan sobre planos verticales, y su encuentro es un eje vertical (Rabasa 2007, 745-754).

Finalmente, si consideramos la totalidad del ábside (figura 8), la existencia de un elemento en forma de herradura, confiere una gran rigidez a la estructura frente a los empujes horizontales, trabajando como un conjunto monolítico. Esto supondría una acción favorable, tanto para la estructura acabada frente al sismo, como durante las fases intermedias de construcción, ante las acciones del fuerte viento del Ebro. La comprobación de la reacción del conjunto frente a sismo y viento deberá realizarse mediante un modelo

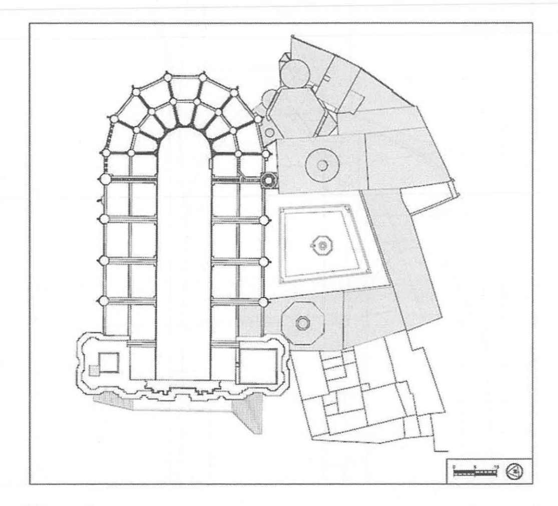


Figura 8
Planta Cubiertas catedral Santa María de Tortosa

en tres dimensiones, ya que la configuración espacial del ábside heptagonal pone de manifiesto las limitaciones de un modelo bidimensional para su estudio frente a empujes horizontales.

Lista de referencias

Almuni, V. 1991. *L'obra de la Seu de Tortosa (1345-1441).* Tortosa: Cooperativa Gràfica Dertosense.

Almuni, V. 2007. *La catedral de Tortosa als segles del gòtic*. Barcelona: Fundació Noguera.

Bassegoda Amigó, B. 1925. *Santa María de la Mar. Monografía Histórica-Artística. Llibre I*. Barcelona: Fills de J. Thomas.

Bassegoda Musté B. 1946. «Santa María del Mar ha de recobrar su prístino esplendor». *Cuadernos de arquitectura* 1946, Núm. 5: 187-197.

Bassegoda Musté B. 1944. «Racionalismo a ultranza en la arquitectura ojival». Separata *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*. Tercera época, núm. 504, vol. XXVII, núm. 4. Barcelona: Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona.

Bassegoda Nonell, J. 1977. «Bóvedas medievales a la romana». Separata *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*. Tercera época núm. 782. Vol XLIII Núm. 8. Barcelona: Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 287-382.

Bassegoda Nonell, J. 1978. *La cerámica popular en la arquitectura. Barcelona*: E. Thor.

Bassegoda Nonell, J. 1989a. «Construcción de bóvedas góticas catalanas». *Bolletí de la Societat Arqueològica Lul·liana. Revista d'Estudis Històrics*. Any CV nº843 Tom XLV. Tercera Època. Homentge a Gabriel Alomas Esteve, arquitecte, 133-146.

Bassegoda Nonell, J. 1989b. «La construcción de las bóvedas góticas catalanas». *Boletín Académico. Escola Técnica Superior de Arquitectura da Coruña*, 11: 30-38

Bofill, R.M. 1977. «Un criteri just si no fos mancat. Objeccions catalanes a la Summa Catedralicia de Sedlmayer». Lambard. *Estudis d'art medienal* Col. IX-1996, 39-49.

Borrego; Saranova. 1994. *Envases cerámicos recuperados de las bóvedas de la Iglesia de Santa María: Alicante, importante enclave comercial mediterráneo en el bajo Medievo*. LQNT 2, Alicante, 181-198.

Borromeo, C. 1859. *S. Caroli Borromaei. Instrucctionum fabricae et suppellectitis ecclesiasticae libri duo. Editio revisa novisque adaucta.* Tarraconae: Ex typographia Françisci Arís.

Carreras Candi, F. 1914. «Les obres de la Catedral de Barcelona (1298-1445) (continuación)». *Boletín de la Real Academia de Buenas Letras de Barcelona* Vol. 50: 128-136.

Costa Jover, Agustí. 2012. *Condiciones de equilibrio en la Catedral de Tortosa*. Máster en Tecnología de la Arquitectura, Restauración y Rehabilitación Arquitectónica, dirigida por José Luís González.

Domenge i Mesquida, J. 1999. *L'obra de la seu. El procés de construcción de la catedral de Mallorca en el trescents*. Palma: Institut d'Estudis Baleàrics.

Gelabert, Joseph. 1977. *De l'art de picapedrer*. Palma de Mallorca: Diputación Provincial de Baleares.

González, E. 1987. «La cerámica bajomedieval de la Catedral de Mallorca». *II Congreso de Arqueología Medieval Española*, Tomo III: 469-482, Madrid.

Heyman, J. 1999. *El esqueleto de piedra*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta, S. 2005. «Mecánica de las bóvedas de fábrica: el enfoque del equilibrio». *Informes de la Construcción*, Vol. 56, nº496 (2005), pp. 73-89. doi: 10.1006/g cen. 1994.1172.

Jiménez, A. 2000. «Rellenos cerámicos en las bóvedas de la Catedral de Sevilla». *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Sevilla, 26-28 octubre 2000, Madrid: Intituto Juan de Herrera.

Lasteyrie, R. 1926. *L'Architecture Religieuse en France. A L'Epoque Gothique*. Paris: Auguste Picard.

Lluis i Ginovart, J. 2009. «La Scientia vero de ingeniis. El concepto de homogeneidad del material versus resistencia en los pilares de una catedral gótica». *Actas del Sexto Congreso Nacional Historia de la Construcción*. Valencia, 21-24 de octubre 2009. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Lluis y Almuni 2011. «La clave de la clau. El cierre constructivo del presbiterio gótico». *Actas del Séptimo Congreso Nacional Historia de la Construcción*. Santiago de Compostela, 26-29 de octubre 2011. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Lluis y Llorca. 2000. *Pla Director Sancta Maria Dertosae*. Tortosa: Bisbat de Tortosa. Departament Cultura Generalitat de Catalunya.

Puig i Cadafalch, J. 1921. «El problema de la transformació de la catedral del nord importada a Catalunya: contribució a l'estudi de l'arquitectura gótica meridional». Separata *Miscel·lània Prat de la Riba*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.

Rabasa Díaz, E. 2007. «De l'art de picapedrer (1653) de Joseph Gelabert, un manuscrito sobre estereotomía que recoge tradiciones góticas y renacentistas». *Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Burgos, 7-9 junio 2007. Madrid: I. Juan de Herrera.

Sedlmayr H. 1950. *Die Entstehung der Kathedrale*. Zúrich: Atlantis Verlag.

Street G. E. 1865. *The Gothic Architecture of Spain, with very beautiful drawings in his own hand*. London: John Murray.

Torres Balbás, L. 1939. «Las teorías sobre la arquitectura gótica y las bóvedas de ojivas». *Las Ciencias*, año IV, nº 1, Madrid.

Torres Balbás, L. 1945. «Función de nervios y ojivas en las bóvedas góticas». *Investigación y Progreso*, Madrid.

Torres Balbás, L. 1946. «Bóvedas romanas sobre arcos de resalto». *Archivo Español de Arqueología*, nº 64.

Viollet-le-Duc, E. 1854-1868. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*. 1854-1868, vol. 10. Paris: B. Bance (A. Morel).

Zaragozá, A. 2000. *Arquitectura gótica valencia Siglos XIII-XV*. Valencia: Generalitat Valenciana. Conselleria e Cultura i Educació.

Zaragozá A. 2008. «A propósito de las bóvedas de crucería y otras bóvedas medievales». *Anales de Historia del Arte*, Volumen Extraordinario. 99-126.

Elementos y estructuras auxiliares en la construcción del ábside de la catedral de Tortosa (1374-1441)

Artur Llunart Curto

La construcción de las bóvedas del gótico es consecuencia de unas técnicas constructivas, en cuyo principio está basado en la utilización de elementos y estructuras auxiliares. Estas fases intermedias desaparecen tras del descimbrado de las bóvedas. Esta tradición fue en parte reflejada, tras el influjo de la mecánica aristotélica, en las tratadística Vitruviana; Giocondo (Vitruvio 1511, 95v-98r), Cesarino (Vitruvio 1521, CLXVr-CLXXXVILr), Barbaro (1556) (Vitruvio 1567, 446-459), Rusconi (Vitruvio 1590, 129-140), o la de Ortiz y Sanz (Vitruvio 1787, Lam. LII - Lam LV).

Las técnicas auxiliares fueron recogidas en algunos de los manuales constructivos del siglo XIX; Rondellet (1810) (Rondellet 1802-1817, 4.1: PL.CXLVII-CLII), Willis (Willis 1842, 15-17), Viollet-le-Duc (1858), (Viollet-le-Duc 1854-1868,5: 210-269), Ungewitter (1890) (Ungewitter 1890-1892, 1: 117-120) o Drum (1901) (Drum et al. 1880-1943, 3V.2b.H.3.b: 79-93). Estos tratados fueron utilizados por los restauradores españoles del siglo XIX, en los cimbrados a gran altura; Juan de Madrazo (1874) y Demetrio de los Ríos (1879) en la catedral de León, (González-Varas 2001, 173-184), Fernández Casanova en la de Sevilla (1882-1888) (Villalobos 2005, 1091-1102), Repullés y Vargas en San Vicente de Ávila (1889), o Vicente Lampérez en la catedral de Cuenca (1888-1889) (Calma; Graciani 2000, 153-164). El estudio de los medios auxiliares ha tomado una nueva vigencia tras las clásicas publicaciones de Fitchen (Fitchen 1961, 9-41) y de Acland (Acland 1972, 82-159), Bechman (1981, 229-281). De aquí los nuevos estudios de la mecánica de Vitruvio (Fleury 1986, 96-112), o la elevación de materiales en la fábrica medieval. (Martines 1998, 261-275, De Ignacio et al. 2000, 1113-1122, Graciani 2000, 175-206, Borsi 2002, 239-277, Zaragozá; Gómez-Ferrer 2007, 195-212).

Especial interés plantea la construcción de los medios auxiliares para la colocación de la *clau major* de la catedral de Tortosa. Tiene 2,32 metros de diámetro, diez palmos, con un peso de más 8 Tn, se eleva a 23,23 m. Su colocación se puede considerar el mayor alarde técnico en la construcción de la catedral. La clave representa la Coronación de la Virgen María tras su Ascensión a los Cielos (Viollet-le-Duc 1854-1868,3: 268-269)[1]. La clave se eleva y se, *cala*, mediante un ceremonial público, ante los ojos de la ciudad, el domingo 27 de septiembre de 1439, la festividad de la Asunción de María. (O'Callaghan 1887, 17-20), (figura 1).

En el ábside de la catedral de Tortosa construido entre (1374-1441), están perfectamente visibles las improntas de los andamiajes (figura 2) (Figura 4). En los libros de fábrica aparece la noticia de un *pilar major*, a partir del mes de mayo de 1428, en plena construcción del sector central del presbiterio (Almuni 2007, 1:151-186)[2]. Así de plantea la hipótesis de una construcción auxiliar que luego será desmontado (Lluis; Almuni 2011, 753-761). Con Llunart (2012)[3], se planteó una primera hipótesis

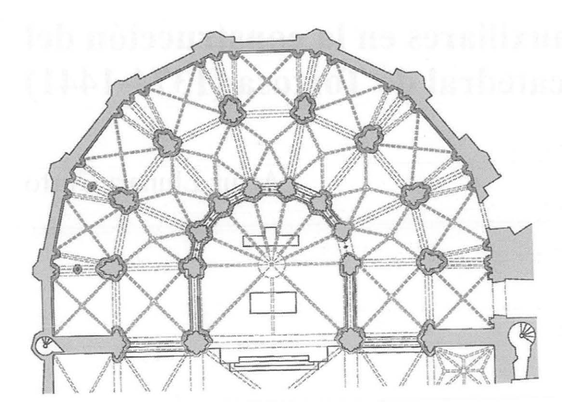


Figura 1
Sección y plana ábside catedral de Tortosa (1347-1441)

constructiva de los sistemas de andamiajes en la construcción del ábside. Estos estudios carecían de la ubicación precisa de la catedral románica, a la que la catedral gótica sustituyó.

Para precisar la ubicación se realizó una campaña de Prospección geofísica (2012-2013)[4], mediante un Georadar, IDS Hi-Mod 200-600MHz, con una resolución de lectura de 0.018X0.2m. El sistema ha permitiendo obtener visualizaciones alternativas de las zonas exploradas, con un mayor detalle (600MHz, 60 nanosegundos) y una mayor profundidad (200MHz, 90 nanosegundos). La profundidad efectiva obtenida con los datos, oscila entre 1.8 m. (600MHz) y 2.3m (200MHz), calculando una velocidad de 0.095metres/nanosegundos, en la que se detectó diferentes anomalías (Sala 2013). La llamada anomalía [1] es un elemento de forma circular, con una magnitud semejante a los pilares del presbiterio, y situado en el centro del altar, lo podemos relacionar con el pilar *major*. El carácter eventual, lo demuestra su posterior desmontaje, en marzo de 1440 (ACTo, ll. o. 1439-1441, fol. 62r.), a la vez que su escasa cimentación, como indica el corte D del Georadar (2102-13). La operación del desmontaje del pilar *major*, se realiza tras el descimbrado del presbiterio, tras ello, se construyó el pavimento del sector y se consagró la catedral gótica (1441).

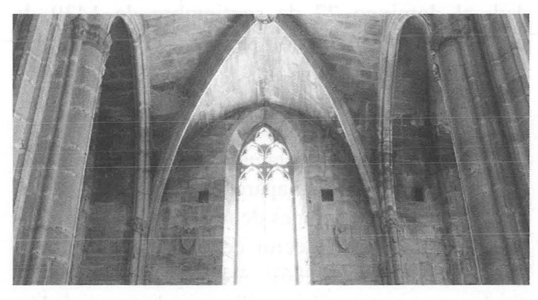


Figura 2
Improntas de sistema auxiliar en las capillas y deambulatorio

Se ha realizado una toma de datos en el conjunto del ábside de todas las improntas existentes. Algunas son perfectamente visibles al estar aún sin rellenar la mampostería correspondiente, mientras otras ha esta cubiertas después de su descimbrado. Estas improntas se determinan en las tres fases de ejecución de la fábrica; capillas radiales, deambulatorio y presbiterio. La toma de datos ha sido realizada mediante una estación total, Topcon Imaging Station 203, de precisión de 0,2 mm/1 mm ± (5 mm)[5]. Complementariamente con los del fotografiado exhaustivo con una cámara calibrada Nikon D7000+Tokina 12-24, usando las focales extremas del zoom: 12mm y 24mm. La medida de las alturas, se representa mediante el plano superior de impronta, sobre el que se cimbrarían las bóvedas (figura 3).

El inicio de la fábrica gótica. El cinturón de las capillas radiales

En el inicio de la obra el maestro solicita, para la traza del ábside, la construcción de una *cana*, (Ll.o.2 1345-1347, f.36 v)[6] (Almuni 1991, 214). El patrón básico de las medidas, de los *Llibres d'Obra* (ACTo), es la cana de 8 palmos. La Cana de Tortosa utilizada en la catedral, tiene 1.858 cm y el palmo de 23,23 cm.[7] En el proceso de construcción de las capillas radiales se realiza a modo de cinturón alrededor de la catedral románica, según se aprecia en el Georadar (2102-13). Las bóvedas son cubiertas de forma correlativa y secuencial, desde el sector del evangelio al de la epístola entre 1377 y 1424. Las capillas son de planta cuadrada, cubierta con bóveda de crucería. La distancia entre pilares es de 24 palmos, 3 canas de Tortosa. La luz de las bóvedas de 21 palmos, generando respectivamente

	Improntas en el muro de las capillas radiales								
	Capillas								
Improntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5,954	7,313	8,294	8,063	6,389	5,156	6,910	6,940	-
2	5,954	7,393	8,294	7,563	9,294	-	6,970	6,950	-
3	-	-	5,271	8,774	-	-	6,425	-	-
4	-	-	8,063	-	-	-	6,425	-	-
Improntas	Improntas en los pilares de las capillas radiales								
5	6,061	6,125	5,980	6,010	6,054	-	-	-	-
6	6,061	6,078	6,097	6,100	6,075	-	-	-	-
7	-	-		7,112	-	-	-	-	-
8	-	-	-	7,204	-	-	-	-	-

	Improntas en deambulatorio								
	Capillas								
Improntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	13,090	13,120	13,123	13,122	13,122	13,121	13,122	13,127	13,130
2	13,093	13,125	12,850	13,125	13,120	13,122	13,124	13,128	-

	Improntas en presbiterio								
	Capillas								
Improntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	17,084	17,080	17,093	17,105	17,127	17,129	17,120	17,090	17,098
2	17,089	-	-	-	-	-	-	-	17,095

Figura 3
Cuadro de altura de improntas en el ábside catedral de Tortosa (1347-1441)

una base metrológica de 8x8 y 7x7, sobre una estructura de base 9.

En la construcción de las capillas radiales se determinan tres momentos constructivos. El primero (1377-1383), con las pruebas iníciales del modelo, en las capillas de San Pedro, San Pablo y San Vicente. Después entre (1387-1397), vendrá la consolidación y ajuste del modelo, con la construcción de las dos capillas siguientes. El tercero desde (1412-1424), la sistematización constructiva de las cuatro capillas restantes (Lluis 2009, 733-743). El nivel de cimbrado de las capillas radiales, claramente visible, se dispuso a una altura variable, sobre 6,39 m y la clave de la crucería a 45 palmos (10,45 m). La sección inicial de Tortosa tiene una proporción de 9/5. El maestro que cierra el primer cinturón del ábside, había construido las nueve capillas radiales de 3 canas de ancho, llegando a la última capilla radial exactamente a 150 palmos de diámetro. El replanteo del último pilar, se realizó exactamente a 108 palmos del primero, distancia que no era accesible, ya que interfería la catedral románica, como lo demuestra el Georadar (2102-13) (Sala, 2013).

El primer andamiaje que se construyó fue el de la capilla de San Pedro. Se observan cuatro improntas; en el muro exterior (2) y en el pilar y muro del deambulatorio, situadas a la misma altura. La cara inferior esta situada a 25 palmos (5,81 metros), mientras que el plano superior está a 5,95 m. La igualdad de nivel del entramado hace que como hipótesis de plantea la existencia de un apeo con un pilar (Ungewitter 1890, 118), (figura 5).

En la Capilla de San Pablo cambia la tipología de andamiaje, las huellas de la estructura son más bajas en los pilares del deambulatorio, que en el del paramento del muro exterior. Esto permite una solución con un primer apoyo sobre los pilares en

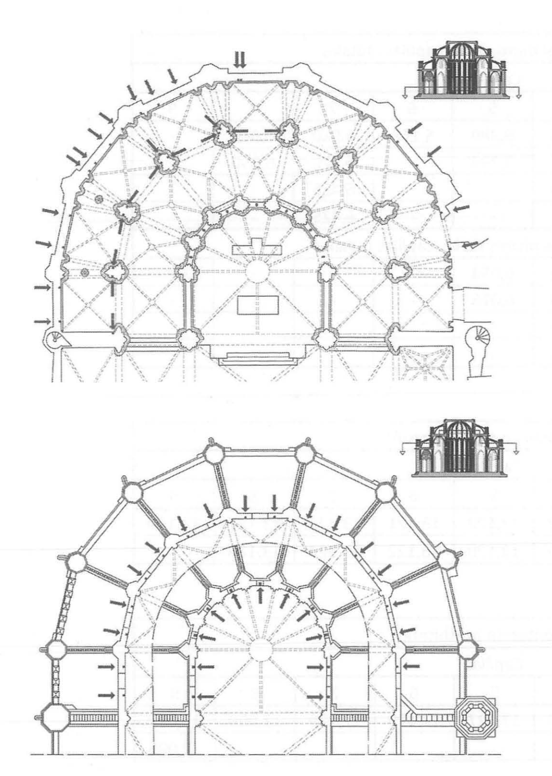


Figura 4
Situación de improntas de andamiaje en el ábside catedral de Tortosa (1347-1441)

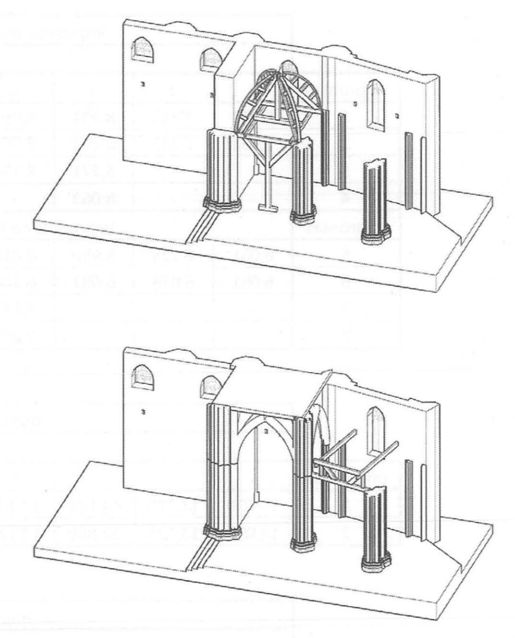
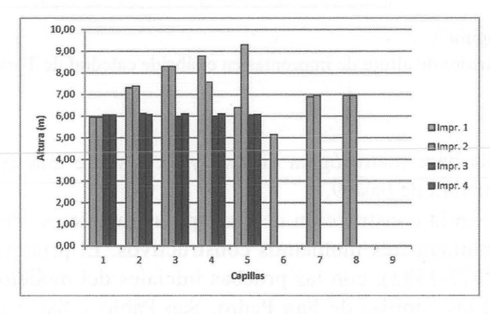


Figura 5
Hipótesis cimbrado Capilla de San Pedro (1383). Ungewitter (1890)



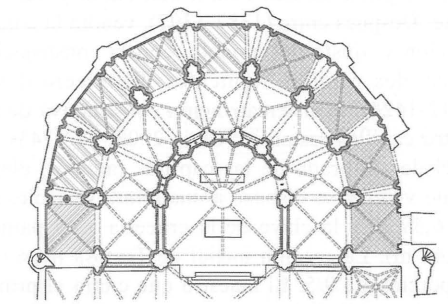


Figura 6
Gráfico de la altura de las improntas de cimbrado en las capillas radiales

la que se apoya la biga travesera hacia el muro exterior. La solución permitiría la eliminación del apeo de pilares sobre el suelo, y fue utilizada tipológicamente en las capillas nº 2, 3, 4 y 5. Finalmente en las capillas nº 6, 7, 8 y 9 no existen huellas en los pilares, con lo que la unión en estos ha de hacerse mediante cuñas y cuerdas (Fitchen 1961), (figura 6).

Un modelo nuevo de catedral, la construcción de la girola

La construcción de las bóvedas del deambulatorio se produjo entre 1432 y1434. Fueron ejecutadas de forma simétrica sobre el eje central, a diferencia de las radiales que lo hicieron correlativamente. Estructuralmente se realizan cambios, ya que a diferencia de las

radiales, los arcos formeros perpiaños y cruceros del deambulatorio se ejecutan sobre la misma imposta a 11,67 m (50+3d) y con el remate de la bóveda a 16,70 m (72p). En las capillas el despliegue de sección era (9/5), mientras que en la girola pasa a ser de (9/6). Tras el cierre de las capillas que rodeaban a la catedral románica, en mayo de 1428, se empieza construir el *pilar major*. Se trata de una acción coincidente con las obras de derribo en la cabecera de catedral románica, realizadas a partir del mes de agosto (Almuni 2004, 211-250). El pilar se situó, como observa el Georadar (2012-13) detrás del altar románico, en el cambio de la bóveda de cañón a la semiesférica. El pilar se construye antes de la cubrición de las primeras bóvedas del deambulatorio realizadas en julio de 1431 y desmontado en marzo de 1440, tras el descimbrado del presbiterio. Por tanto trabajó como elemento auxiliar veintidós años.

Tras esta operación se empiezan a cubrir las bóvedas de la girola, primero las de planta cuadrada y luego las siete trapezoidales, situando el andamio a 56 palmos. La estrategia constructiva de la girola es diferente a la de las capillas, así el deambulatorio se empieza a cubrir, simétricamente, por las capillas del evangelio y epístola. Las bóvedas tienen un fácil contrarresto hacia el exterior de la fábrica, mediante los arbotantes de las capillas radiales que ya habían sido construidos. El equilibrio hacia el interior del presbiterio es algo más complicado, puesto que no dispone de más contrarresto que el pilar del presbiterio. Este hecho obliga a preguntarse qué ocurre con el empuje hacia el centro del presbiterio, antes que éste fuera cubierto. La existencia empujes hacia el interior y la construcción de las bóvedas de manera simétricas, hace pensar que pudieran ser reequilibrados por el pilar que se situó detrás del altar románico. El *pilar major* puede aparecer como elemento auxiliar neutralizando, estas acciones horizontales como un simple atirantado[8] (Huerta; Ruiz 2006, 1619-1632, Huerta 2013, 163-195), y donde podría apoyarse el andamiaje necesario para la construcción.

En el deambulatorio, se encuentran a una altura bastante uniforme, con un remate de la cara superior entre 13,09 y 13,13 metros, con la única excepción de una huella que se encuentra a 12,85 metros (figura 7). Sigue el patrón de dos improntas en cada bóveda, y sin huella sobre los pilares del presbiterio. Una posible solución a este segundo punto de apoyo, se encuentra en la existencia del *pilar major* y su posible andamio. Éste andamiaje podría solucionar los empujes horizontales de la bóvedas del deambulatorio (Figura 8). A su vez podría ser utilizado como soporte del cimbrado de esta segunda fase. La otra posibilidad existente, es la construcción de unos anillos de cáñamo rodeando el pilar, y tensado mediante cuñas de madera, con una técnica similar a la del deambulatorio (Fitchen 1961,127)

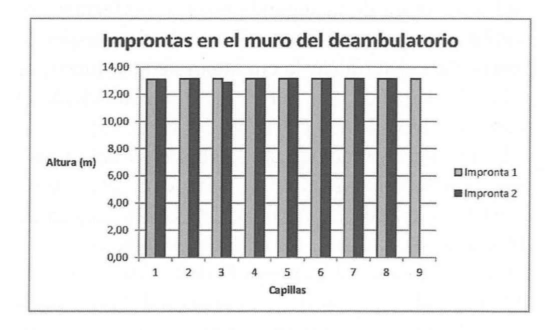


Figura 7
Gráfico de la altura de las improntas en deambulatorio (1432-1434)

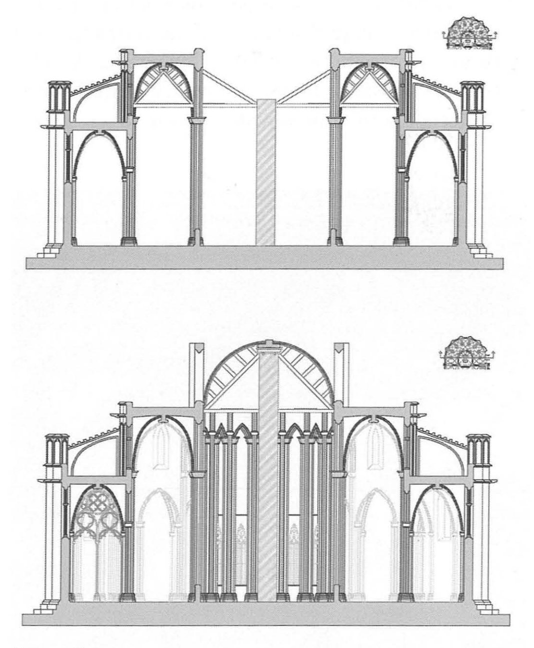


Figura 8
Hipótesis cimbrado deambulatorio (1432-1434). Ungewitter (1890)

La construcción del presbiterio

Las medidas estructurales del presbiterio, arrojan una luz de 11,15 m (6 canas), el maestro fija la altura del remate del presbiterio a 100 palmos y traza la tirantez de arcos, bóvedas y el plano de cimbrado (Ungewitter 1890-1892, 1: 118). En el caso de Tortosa los puntos del cimbrado y del remate de la clave son conmensurables, con un plano de cimbrado a 17,65 m (9,5 canas), a la altura de la segunda terraza, perfectamente visibles, aunque a diferencia de las restantes, están tapiadas. Para determinar la curvatura de la arquería, se utiliza la perpendicular por el punto medio, desde el plano de cimbrado a la clave (Willis 1842, 11).

La primera operación para la cubrición del presbiterio será la colocación de la clave con 2,323 m de diámetro y un peso aproximado de 8.746 Kp, ha de situarse a 100 palmos. La talla de la clave ha de resolver; la labra de la iconografía de la Coronación de la Virgen María, y los de la geometría del corte de la cantería gótica. La escultura inferior se dispone sobre una circunferencia de 10 palmos de diámetro, pero el cuello de la clave ha de albergar la concurrencia geométrica de los nueve arcos cruceros. La medida de clave esta implícita en la modulación de la base del pilar, y previamente diseñada y dimensionada en el momento que se traza la girola. Conociendo la relación (18/8) se puede, o bien determinar el radio de la circunferencia en función del nervio o viceversa (Lluis 2008, 17-41). Los arcos cruceros del presbiterio tienen un ancho de 18 cm, con lo que el cuello de la clave tiene 80 cm, que son 3 palmos y medio, que corresponden exactamente a la proporción de Guarç 9/8 (Lluis et al. 2013). La altura de las improntas sobre el coro del presbiterio están entre 17,08 y 17,13 y cuya tramada ha de recaer sobre el pilar auxiliar central (figura 9), (figura 10).

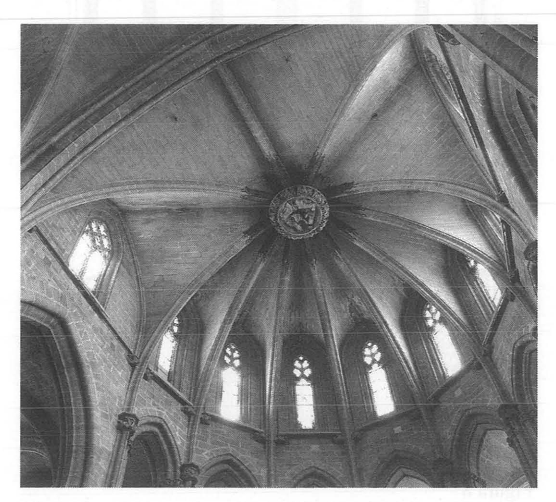


Figura 9
Improntas de los andamios en el presbiterio (1349-1440)

Conclusión. La importancia de los elementos auxiliares en las fases intermedias

La colocación de un pilar como elemento estructural central, en el gótico, no es nuevo. Aparece como elemento definitivo, fue especialmente empleado en la construcción de estructuras de salas (Viollet-le-Duc 1854-1868, 8: 95). Aparecerá en plancha XL de Villard de Honecourt (Lassus 1858, 161-162), con una estructura similar a la sala capitular de la catedral de Salisbury (1263-1284). Estas estructuras a manera de *Palmier* como se conoce en los Jacobins de Toulouse (1275-1292) (Sundt 1989, 185-207), recogen hacia abajo, a manera de bóvedas de abanico, las estructuras de las bóvedas superiores (Carrasco 2002, 85-97). Este elemento central es el que detectó el Georadar (2012-13), como la anomalía [1]. Esta situado a tan solo 30 cm bajo la superficie actual, prácticamente en el centro del presbiterio, llegando a cerca de 1m de profundidad. El pilar *major*, elemento auxiliar de gran magnitud, pero esencial para el sistema cons-

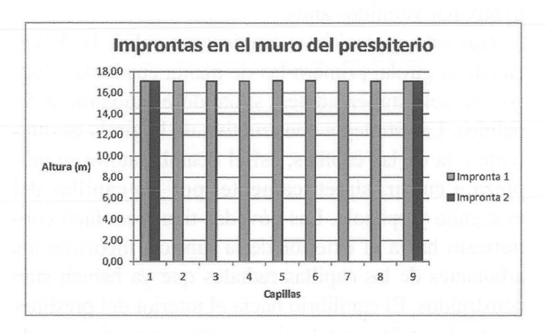


Figura 10
Gráfico de la altura de las improntas en presbiterio (1349-1440)

tructivo del ábside de la catedral de Tortosa. Este pilar auxiliar es un elemento polifuncional. En primer lugar como contrarresto en la construcción del deambulatorio, en segundo como estructura que facilita la colocación de la clave principal, y finalmente como soporte de andamiajes para la cubrición del presbiterio. El sistema de apoyo del cimbrado fue evolucionando en la construcción de la catedral, tras el titubeo inicial en la Capilla de San Pedro donde probablemente se utilizaron pies derechos como apeos, los andamios se realizaron en altura, utilizando como soportes, los muros de cerramiento y los pilares. A su vez en las primeras fases el andamiaje se empotraba en el interior de pilar, pero a partir de la última fase constructiva de las capillas radiales, fueron ejecutadas mediante cinturones de cuerda y calzadas mediante estacados de madera (figura 11).

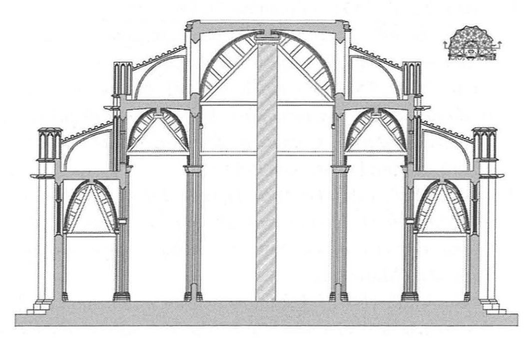


Figura 11
Hipótesis del cimbrado en la catedral de Tortosa (1383-1440). Ungewitter (1890)

Notas

1. Viollet hace mención de una clave con una iconografía similar la de la Collégiale Notre-Dame de Semur-en-Auxois (1235).
2. Libros de Fábrica; Almuni (2007). http://www.fundacionoguera.com/publicacions-autor.asp?ida=166.
3. Trabajo Final de Grado en Ingeniería de la Construcción de Artur Llunart Curto, *Elements i estructures auxiliars en la construcció de l'absis de la Catedral de Santa Maria de Tortosa* (2012) dirigidos por el Dr. Josep Lluis i Ginovart y Eduard Gregorio López en la Escuela Politécnica Superior de la Universitat de Lleida. Primer finalista del III Premio Edifica del Colegio de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de la Edificación de Lleida (CAATEE).
4. Campaña realizada conjuntamente con, Roger Sala, Ekhine Garcia, Robert Tamba. Sala, R. (2013). Memòria d'Intervenció Prospecció geofísica a la catedral de Tortosa. SOT Prospecció Arqueològica.
5. Cámaras (2) 1.3mp,Velocidad de imagen 1 - 10 fps, Exploración Max 20 pts/seg.
6. *Item fiu fer lo maestre de/la obra a-n Antoni ferrer una cana de ferre per pendre mesures de l'obra costa... V. s».*
7. Felipe II (1527-1598) en las Cortes de Monzón (1585). Capitulo 89, unifica criterios métricos. Los procuradores remiten de la reducción de la cana de Tortosa a Barcelona. AHCTE, 387 (Comú II-63) Registre.
8. Ver el peritaje de Juan Egas para la catedral de Segovia. Egas, E, 1532. Visitaçion de la iglesia de Segovia digo de la obra que hizo maestre Enrique. Ms. A.C.Sg. G/61, Archivo de la Catedral de Segovia.

Listas de referencias

Acland, H. J. 1972. *Medieval Structure: The Gothic Vault.* Toronto: University of Toronto.

Almuni, V. 1991. *L'Obra de la Seu de Tortosa (1345-1441).* Tortosa: Cooperativa Gràfica Dertosense.

Almuni, V. 2004. *La catedral románica de Tortosa. Aproximació documental a la seva historia.* Recerca, 8 (2004), pp. 211-250

Almuni, V. 2007. *La catedral de Tortosa als segles del gòtic.* 2 Vols. Barcelona: Fundació Noguera. Collecció Estudis.

Bechman, R. 1981. *Les racines des cathédrales.* Paris: Éditions payot & Rivages.

Borsi, S. 2002. «Le macchine di canteri a Firenze fra Trecento e Quattrocento». Gambardella (ed). *Dal Pantheon a Brunelleschi Architettura construzione técnica.* Napoli. Edizioni Scientifiche Italiane.T Pp.239-277

Calma; Graciani. 2000. *Sistemas de encimbrado y apeos en la Restauración Monumental española durante el siglo XIX.* Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Sevilla, 26-28 octubre 2000. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Carrasco, J. 2002. *La estructura gótica catalana: Sobre los conceptos de medida y espacio. El problema de la forma en la cubierta.* Tesis Doctoral. Departamento: Expresión Gráfica Arquitectónica I. Universidad Politécnica de Catalunya.

De Ignacio et al. 2000. Medios de elevación de materiales en la construcción medieval. Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Sevilla, 26-28 octubre 2000. Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 1113-1122

Drum et al. 1901. «Handbuch der Architektur. Dritter Teil: Die Hochbaukonstruktionen». 2 Band. *Raumbegrenzende Konstruktionen*. Heft 3,b. Stuutgart. Arnold Bergsträsser.

Fitchen, J. 1961. *The Construction of Gothic Cathedrals: A Study of Medieval Vault Erection*. Oxford: At the Clarendon Press.

Fleury. 1986. *La mécanique de Vitruve*. Caen: Université de Caen.

González-Varas, I. 2001. «La razón constructiva: la Contención de la Ruina». *La Catedral de León, el sueño de la razón*. León: Edilesa.

Graciani, A. 2000. «Los equipos de obra y los medios auxiliares en la Edad Medi». Graciani (ed). *La técnica de la arquitectura medieval*. España: Secretario de Publicaciones, Universidad de Sevilla.

Huerta; Ruiz. 2006. «Some Notes on Gothic Building Processes: the Expertises of Segovia Cathedral». *II International Congress on Construction History*. London: Construction History Society.

Huerta S. 2013. «Technical Challenges in the Construction of Gothic Vaults: The Gothic Theory of Structural Design». *Bautechnik des historismus von den theorien vber gotische konstruktionen bis zu den baustellen des 19.* Jahrhunderts. Munchen: Ersc hienen im Hirm er Verlag.

Lassus, J.B.A. 1858. *Album de Villard de Honnecourt. Architecte du XIIIe siècle*. Paris: Imprimerie impériale.

Lluis; Almuni 2011. «La clave de la clau. El cierre constructivo del presbiterio gótico». *Actas del Séptimo Congreso Nacional Historia de la Construcción. Santiago de Compostela. 26-29 de octubre 2011*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Lluis i Ginovart, J. 2008. *La ciutat de Deu feta pels Homes. El cas de la catedral de Tortosa.* Tortosa: Fundació fe y cultura Moceen Manya. Collecció: Llum Nova 2, pp. 17-41.

Lluis i Ginovart, J. 2009. «Evolución constructiva de los pilares de una girola gótica. El concepto de homogeneidad del material versus resistencia». *Actas del Sexto Congreso Nacional Historia de la Construcción. Valencia. 21-24 de octubre 2009.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Lluis et al. 2013. «Gothic Construction and the Traça of a Heptagonal Apse: The Problem of the Heptagon». *Nexus Network Journal Architecture and Mathematics nº 15*. Nexus Netw J. DOI 10.1007/s00004-013-0152-x.

Martines, G. 1998. «Macchine da cantiere per il sollevamento dei pesi, nell'antichità, nel Medioevo, nei secoli XV e XVI». *Annali di Architettura Nº10*, 1998-99, pp. 261-275.

O'Callaghan, Ramón 1887. *Anales de Tortosa I.* Tortosa: Imprenta Católica de Gabriel Llasat

Rondellet, J.B 1802-1817. *Traité theorique et pratique de l'Art de Bâtir*. Paris: Chez l'auteur, enclos du Panthéon.

Sala, R. 2013. *Memòria d'Intervenció Prospecció geofísica a la catedral de Tortosa*. SOT Prospecció Arqueològica.

Sundt, R. A. 1989. «The Jacobin Church of Toulouse and the Origin of Its Double-Nave Plan». *The Art Bulletin*, Vol. 71, No. 2 pp. 185-207.

Ungewitter G. 1890-1892. *Lehrbuch der Gotischen Konstruktionen*. 2 Vol. Leipzig: T.O. Weigel Nachfolger.

Villalobos. 2005. «Una aproximación al sistema de apeos de Adolfo Fernández Casanova para la catedral de Sevilla». *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Cádiz, 27-29 enero 2005*. Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, Arquitectos de Cádiz, COAAT Cádiz.

Viollet-le-Duc, E. 1854-1868. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*. 10 vol. París: Bance et Morel

Vitruvio, M. P. 1511. Giocondo G. (ed). *M. Vitruvius per Iocundum solito castigatior factus, cum figuris et tabula, ut iam legi et intelligi potest*. Venecia: Tacuino

Vitruvio, M. P. 1521. Cesariano C. (ed). *Di Lucio Vitruvio Pollione de Architectura libri dece traducti di latino in Vulgare affigurati: Comentati & con mirando ordine insigniti*. Como: Gotardo da Ponte

Vitruvio, M. P. 1556. Barbaro, D. (ed). *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio tradutti et commentati da Monsignor Barbaro eletto patriarca d'Aquileggia.* Venecia: Francesco Marcolini.

Vitruvio, M. P. 1567. *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio tradutti et commentati da Monsignor Barbaro eletto patriarca d'Aquileggia.* Venecia: Franciscum Franciscum & Ioan. Cruger

Vitruvio, M. P. 1590. *Della architettura, di Gio. Antonio Rusconi,con centosessanta figure dissegnate dal Medesimo. Secondo i precetti de Vitruvio, e con chiarezza, e brevitá dichiarate. Libri Dieci*. Venecia: Appresso i Gioliti

Vitruvio, M. P. 1787. *Los Diez Libros de Arquitectura. Traducidos del latín, y comentados por Don Joseph Ortiz y Sanz*. Madrid: Imprenta Real.

Willis, R. 1842. «On the construction of the vaults of the middle ages». *Transactions of the Royal Institute of British Architects.* Vol. I, part 2. London: Longman

Zaragozá; Gómez-Ferrer. 2007. *Pere Compte Arquitecte*. Valencia: Generalitat Valenciana.

El Palacio Episcopal de Llerena. Del Mudéjar a la Ilustración

Vicente López Bernal
Rafael Caso Amador

La presente ponencia se basa en los trabajos de investigación llevados a cabo por los autores durante la restauración realizada de 2007 a 2012 para la «Rehabilitación del Palacio Episcopal de Llerena (Badajoz)», obra dirigida por los arquitectos D. Vicente López Bernal y D. David Zapata y promovida por el Ministerio de Vivienda. Se ha contado también con la ayuda y colaboración de D. Luis Garraín Villa, Cronista Oficial de Llerena, D. Francisco José Moreno Ascacíbar, Archivero-Bibliotecario de la ciudad y D. Javier Cano Ramos, Director del Centro de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Extremadura.

Contexto urbano

El entorno del edificio conocido como Palacio episcopal o Casa prioral es el Centro Histórico de Llerena, dentro del cual, el conjunto urbano formado por la Plaza de España con sus frentes porticados, el Ayuntamiento y la Plaza de San Juan que se articula con la anterior en torno a la Parroquia de Nuestra Señora de la Granada, constituye el ámbito de mayor significado (figura 1). El entorno del edificio está formado por una trama urbana de fachadas encaladas construidas siempre con la misma tipología desde el siglo XV hasta principios del siglo XIX. El inmueble se sitúa en la zona central de la ciudad, inmediata a la Plaza de España, en el número 5 de la calle Zapatería, que desemboca en aquélla. El conjunto de la construcción se identifica con la antigua Casa prioral o Palacio episcopal, lo que permite retrotraer el origen de las edificaciones al periodo bajomedieval.



Figura 1
Casco Histórico de Llerena (López Bernal 2005)

Descripción arquitectónica

El edificio tiene como centro un patio, porticado en tres de sus lados, en torno al cual se distribuyen los

distintos cuerpos; compuesto por dos alturas, ambas construidas en ladrillo, en la inferior se abren arcos de medio punto peraltados y en la superior arcos escarzanos de menor altura, todos enmarcados con alfices y sobre pilares octogonales con basa y capitel. A ese patio se accede desde un ancho corredor de entrada descubierto, a la izquierda del cual se localiza un cuerpo adicional, originariamente usado como caballerizas; la fachada exterior de la calle Zapaterías está retranqueada respecto a las líneas de fachadas del resto de edificios, resultando un espacio delantero a modo de atrio, cerrado mediante una verja sobre un cierre de piedra. En el lado septentrional el cuerpo del edificio se divide en dos crujías, una con estancias abiertas hacia el patio central, destacando una de mayor tamaño con bóveda encamonada, y una segunda con huecos hacia un espacio abierto trasero. La zona trasera septentrional y la lindante con la calle Bodegones son espacios sin construir, correspondientes a una antigua huerta. Las dos plantas se comunican mediante una espaciosa escalera de tres tramos situada en el ángulo Nororiental del patio.

Resumen histórico

A través de la obra de la Dra. De la Peña Gómez disponemos de un detallado relato de los usos del inmueble a lo largo del periodo que transcurre entre los siglos XV y XIX, tiempo en que sirve de residencia del maestre santiaguista y para oficinas y cárceles de la sede inquisitorial; por ello, el edificio recibe varias denominaciones, tales como palacio maestral, casa de la orden, casas maestrales y Tribunal de la Inquisición. Respecto a esta última denominación, el Santo Oficio se encuentra instalado ya en 1531, uso que se mantiene, ya de forma exclusiva, en 1576, cuando la sede del Santo Oficio se ha trasladado al palacio de los Zapata.

Los primeros datos documentales del edificio testimonian como a finales del siglo XV el prior de la Orden de Santiago García Ramírez emprende reformas en un inmueble ya existente. Con anterioridad, a través de la obra de Garraín Villa se conoce la identidad de los promotores de esas primeras edificaciones, de manera que a finales del siglo XIV se dataría la primera construcción ordenada por doña Aldonza Fernández Mexia, hermana del 32 Maestre de la Orden don García Fernández de Villagarcía (1385-1387), y ampliada posteriormente por el prior de Santiago don Luís de Castro (1480-1489).

Se tiene constancia, a través de la visita de la Orden de 1498, de que en ese año se ha ampliado la superficie del edificio, incluyendo una caballeriza y un corral. Ese mismo año se menciona la portada principal, construida en cantería y retrasada respecto a la línea de la calle.

A comienzos del siglo XVI el edificio se usaría como primera sede de la Inquisición, incluyendo la cárcel, uso que se menciona en 1508, y que se mantendría hasta 1549. Cuando en este último año el inmueble retorna a dominio santiaguista se inician intensas reformas que afectan a todas las zonas del edificio, incluyendo la construcción de las otras dos arquerías del patio. Las visitas de la orden de 1550 y 1575 incluyen una descripción de los distintos espacios interiores, de forma que se pueden conocer detalles como la existencia de una gran sala con chimenea en la planta alta o la presencia de sendas estancias con artesonados de madera. (figuras 1, 2 y 3). La carencia de documentación impide conocer las reformas que se realizan durante los siglos siguientes, atestiguadas en cambio arqueológicamente. La incorporación del edificio al Obispado de Badajoz tras la disolución de la Orden de Santiago en 1873 será el momento que marca una última etapa en la historia del edificio, previa a su adquisición por el Ayuntamiento de Llerena para su futuro uso museís-

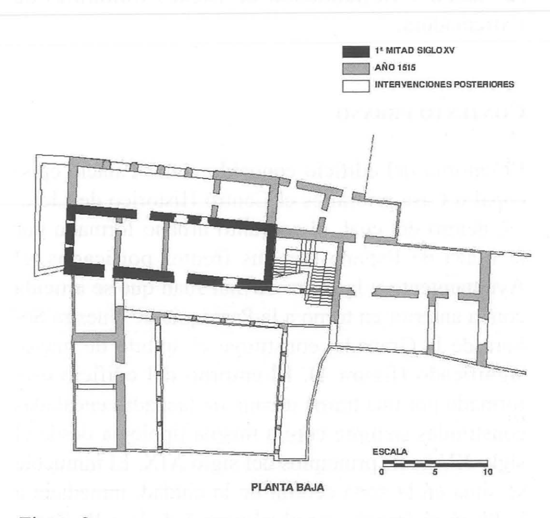


Figura 2
Planta baja. Etapas constructivas (López Bernal 2012)

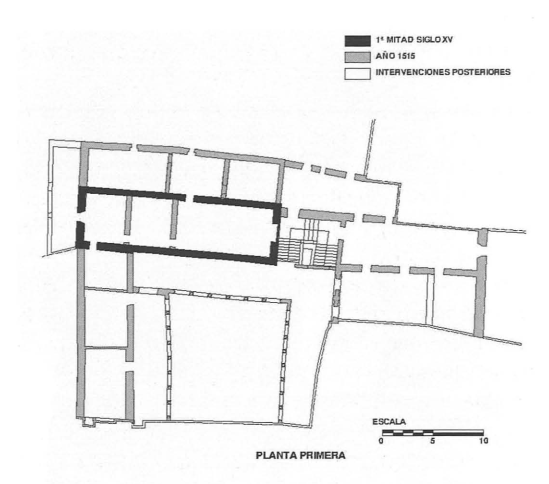


Figura 3
Planta alta. Etapas constructivas (López Bernal 2012)

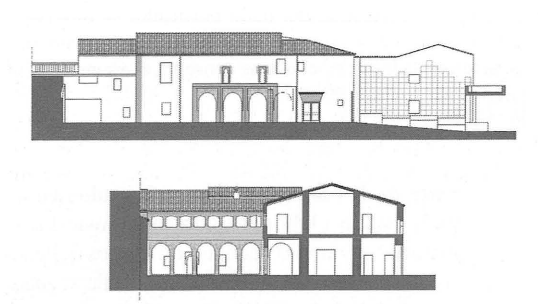


Figura 4
Alzado y Sección del edificio (López Bernal 2012)

tico. El cambio de propiedad del edificio a partir de 1873 motivará de forma inmediata la ocultación de varios símbolos santiaguistas, y progresivamente se irán realizando sucesivas obras de reforma interior que irán adecuando los espacios a nuevos usos y necesidades.

Transformaciones del edificio

El conocimiento de las diversas reformas realizadas en la distribución de espacios interiores, permite encuadrarlas en dos grandes etapas, coincidente la primera con la el periodo de control santiaguista del inmueble, y la segunda, ya de época contemporánea, con la fase ya citada en que la propiedad pasa al Obispado de Badajoz. La presencia de elementos arquitectónicos sobresalientes como los restos de ventana geminada con arcos de herradura en una sala de la planta alta en la zona de poniente ya eran conocidos (figura 5), aunque se pudo documentar ahora su relación con la sala adyacente en la que se conservan restos de decoración pictórica mural de gran interés.



Figura 5
Ventana geminada (López Bernal 2012)

Mucho más novedosos, al haber puesto al descubierto rasgos desconocidos de la historia del edificio, fueron los testimonios materiales de procesos de reforma obtenidos a lo largo de los trabajos de seguimiento arqueológico. Algunas de esas actuaciones fueron las siguientes:

- Remodelación del claustro. A través de documentos fotográficos (figura 6), se había podido comprobar cómo, al menos hasta los años sesenta del pasado siglo, se habían cerrado parcialmente los vanos de las galerías del claustro alto, sustituyendo los vanos abiertos de los arcos por pequeñas ventanas centradas en aquello. Ese cierre debió acompañarse por el de los vanos arqueados que comunicaban tanto con la escalera principal como con el pasillo de entra-



Figura 10
Galería de arcos de medio punto con alfiz tras retirar los rellenos de fábrica que los cegaban (Caso Amador 2008)

Esta gran sala rectangular, muy transformada en su extremo occidental, se comunicaba por el este, a través de un arco apuntado, con una pequeña sala de planta cuadrada con importantes restos de decoración pictórica incluido un panel con la representación de una Piedad, de los que se conservaba especialmente la parte superior al haber sido afectada la zona inferior por humedades de capilaridad que habían causado el desprendimiento del mortero de base del barro del tapial de construcción (figura 11). En el espacio del antiguo salón era también de gran interés la presencia, bajo el suelo contemporáneo, de atarjeas de ladrillo paralelas.

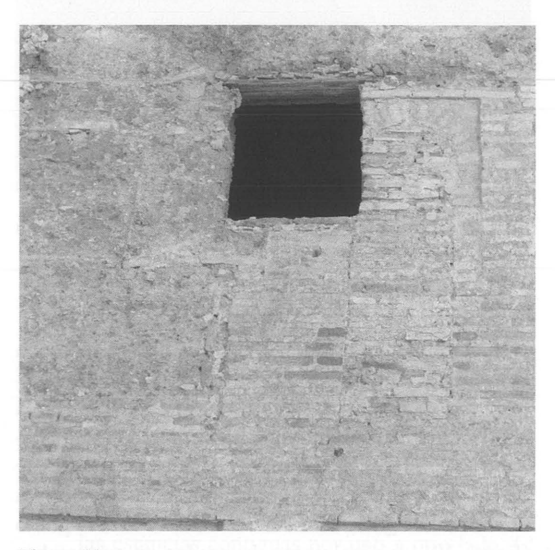


Figura 11
Yuxtaposición de huecos sobre fábricas de tapial y ladrillo de origen mudéjar (López Bernal 2011)

Pinturas murales

Es probablemente el resultado más importante de las labores de seguimiento arqueológico, por cuanto suponen el hallazgo de restos pictóricos murales de gran importancia no solo en el contexto local, sino también en el ámbito regional y nacional. Del conjunto de pinturas murales, pocas se conocían con anterioridad al inicio de las obras de restauración, y no se había hecho ninguna descripción detallada de las mismas, mientras que el conocimiento de las restantes ha sido resultado de los mismos trabajos realizados.

Estancia del arco geminado

Es la zona donde se había conservado en mejor estado la decoración pictórica bajomedieval del edificio, de forma que, al menos en las zonas descubiertas, se conserva toda la altura del zócalo decorado, desde la franja inmediata al suelo hasta el remate superior, lo que permite conocer la totalidad de su diseño. Además, se conservan restos de la decoración en los cuatro muros de la estancia, manteniéndose las puertas de acceso originales en tres de esos mismos muros.

El ocultamiento de la decoración muraria debe corresponder a una etapa del edificio de fecha bajomoderna o ya contemporánea, momento en que se pican las superficies del estuco para aumentar la adherencia de la capa de mortero de cal con que se las recubre. En el centro del muro occidental se abre el vano mencionado con restos de ventana geminada con arcos de herradura, adaptándose la pintura a ese hueco, de modo que debían conservarse en ambas jambas, bajo el recubrimiento de ladrillos y mortero usado para reducir la luz de la ventana de estilo mudéjar. Otros dos vanos, rematados con arcos rebajados que-

brados, aparecían cegados en los muros sur y norte, y comunicaban con las estancias adyacentes. Un cuarto hueco se situaba en un lateral del muro oriental y comunicaba con otra estancia. El vano existente entonces, al parecer posterior, se sitúa en el extremo contrario del mismo muro. Su apertura, y el cierre de la puerta anterior, se puede relacionar con la construcción de la escalera de la estancia anexa. El esquema decorativo, sería el siguiente:

- Zona inferior con una decoración, pintada en color rojo, de tipo geométrico formando un damero compuesto de cuadrados divididos en diagonal en dos zonas, una roja y otra con el blanco amarillento del mortero de fondo, con un círculo en reserva en el centro. Oculta en su mayor parte por un rodapié de ladrillos en posición vertical, cuya colocación produjo graves daños en esta zona.
- Zona con paneles cuadrados separados por bandas con decoración de motivos en forma de gota en negro sobre fondo ocre. Una banda igual a ésta se repite en sentido horizontal, separada de los paneles cuadrados por una franja con representación de pequeñas ménsulas en relieve sobre una cornisa simulada. En los paneles se alternan representaciones figuradas en un entorno de decoración de hojarasca de tipo cardina relacionables con motivos semejantes de influencia gótica con otras de ruedas de tipo musulmán. De los primeros, quedaba parcialmente al descubierto uno con una figura humana desnuda y la parte inferior del que le sigue a la izquierda en que se figura una cabeza de serpiente o dragón con las fauces abiertas (figura 12). De los segundos, se veía parte del que flanquea por la derecha el primero y sobre todo otro casi completo en el muro oeste, en el que se observan las líneas incisas marcadas con compás como guía para el trazado del resto de la composición.
- Remate con simulación arquitectónica en trampantojo, con dos zonas, una con ménsulas orientadas hacia la derecha con pequeños pináculos y almenado con merlones de remate piramidal con bola y, separado de la anterior, una banda rellena por cintas de color que se entrelazan formando octógonos sobre un fondo rojo.



Figura 12
Decoración pictórica bajomedieval. Representación del Arcángel San Gabriel y su lucha con el dragón (Caso Amador 2011)

- Crestería en colores negros y azulados con motivos unidos por ondas, quizás de cronología posterior al resto de la composición.

Sala del retablo

Situada en lo que fue el ángulo nororiental de la fase bajomedieval del edificio, se conservan en esta sala restos de las pinturas murales que ocupan los paramentos de tres de sus muros, aunque se haya perdido toda la zona inferior hasta una altura aproximada de 1,50 m., como consecuencia de humedades de capilaridad. Como elemento diferenciados de la pintura de las jambas aparece aquí un remate en forma de crestería con motivos vegetales, en tonos azulados y rojos y contorneados en negro, de una altura aproximada de 25 cm. en los motivos de mayor tamaño, trazados con una factura más cuidada que los motivos de las franjas inferiores horizontales, y de los que queda separado por una banda en color rojo.

Por debajo sigue otra franja horizontal en la que vuelve a aparecer la simulación arquitectónica de ménsulas en relieve, en este caso con un mayor detalle acentuando la sensación de relieve mediante la

aplicación de tonos claros. En la franja inferior aparecen cartelas cuadradas con motivos vegetales encuadradas por bandas, rellenas con motivos geométricos curvos agrupados en círculos trazados mediante plantilla.

El resto de los zócalos se ha perdido, pero su reparación con un mortero compuesto de barro mezclado con paja, nos da una indicación cronológica, ya que su utilización se prolonga al menos hasta una fase avanzada de la Edad Moderna.

Lo excepcional en esta sala es la aparición de un gran panel (figura 13), que ocupa todo el paramento del muro oriental, con una escena con varios personajes y que puede identificarse con la lamentación sobre Cristo muerto. Por ello, aparece en el centro una figura femenina, la Virgen María, cubierta con manto azul, que se inclina sobre el cuerpo de Jesucristo que se recostaría en su regazo y del que solo se conserva el rostro; este grupo aparece flanqueado a la derecha por una figura femenina con una aureola en su cabeza y otra figura masculina en el lateral derecho con los atributos iconográficos del apóstol Santiago, mientras que a la izquierda aparece otra figura masculina, parcialmente visible, que sostiene un libro en sus manos.

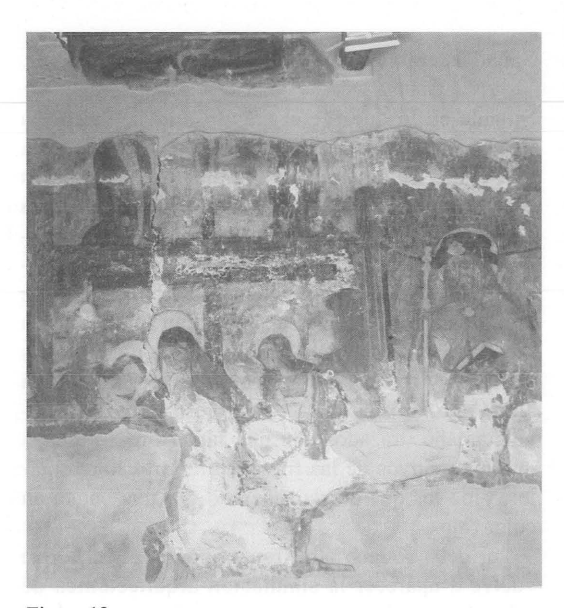


Figura 13
Retablo pictórico (Caso Amador 2011)

Calvario de la escalera

Durante una de las remodelaciones del edificio se construyó una escalera secundaria en la que se rediseña en esos momentos como área de tránsito desde el ángulo noroccidental del patio a las crujía del cuerpo norte y a la huerta de la zona septentrional. Esa construcción compartimentaba lo que antes era una gran sala rectangular en uno de cuyos lados menores, el del extremo occidental, se había pintado un gran panel con la representación de un calvario (figura 14). La bóveda de la escalera corta esta escena desde la parte superior derecha a la inferior izquierda, sin que pudiera comprobarse entonces si los daños eran superficiales en caso de que la nueva construcción se hubiera limitado al adosamiento contra el paramento o mucho más profundas, en el supuesto de que se hubiera hecho una caja en el muro para un apoyo más sólido de la bóveda y los escalones.

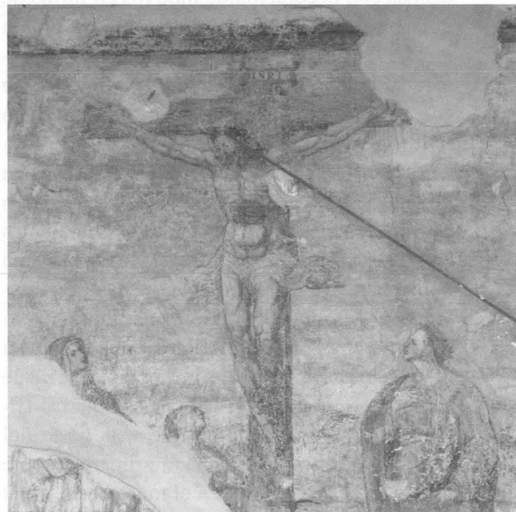


Figura 14
Escena del Calvario (Caso Amador 2011)

A diferencia del panel existente en el muro del corredor bajo del patio, en éste solo se representaba la imagen de Jesucristo en la cruz, que según los restos observables está flanqueado a su izquierda por otra figura, probablemente la de San Juan Bautista, mientras que una probable figura simétrica a su derecha

ha sido ocultada o destruida por los peldaños de la escalera; este segundo personaje dirige su mirada hacia el rostro de Cristo mientras dobla su brazo derecho para situar la mano a la altura de su corazón. Tanto la imagen de Jesucristo como la que la flanquea por la izquierda guardan unas proporciones perfectas, con un modelado de las figuras muy correcto, en las que destaca la anatomía de Cristo y el movimiento del ropaje de la otra figura, destacando en el colorido el naranja de su manto mientras que parece haberse perdido el acabado final de las carnaciones manteniéndose solamente la grisalla de base. Sobre un fondo de tonalidad rosácea, el conjunto está enmarcado mediante un ancho filete con decoración vegetal sobre fondo ocre, dibujándose la figura de un sol en el ángulo superior derecho.

Claustro

Deben corresponder a la más que probable decoración muraria que cubriría los paramentos de esta zona del edificio, de la que solo han pervivido las dos imágenes que se describen. Ese cuerpo corresponde a la fase bajomedieval, siendo las arquerías del lado norte las primeras en construirse, según se testimonia en la Visita de la Orden de Santiago del año 1498, momento en que aún no se ha construido la actual escalera de tres tramos. El panel más próximo a la zona de entrada, representa una figura femenina identificable con la Virgen de la Antigua. Representada de cuerpo entero, levemente girada hacia la izquierda del espectador con su cabeza y ligeramente inclinada en la misma dirección dirigiendo su mirada hacia el Niño que acuna con su brazo derecho, mientras que en el izquierdo, flexionado hacia arriba, sostiene un objeto, no identificable con precisión por el mal estado de conservación de la pintura, y que parece ofrecer al Niño.

Arcos de la huerta

Las Estancias se abrían originariamente hacia el espacio de la huerta mediante arcos de medio punto de ladrillo enmarcados con alfices, aunque al cerrarse en fases posteriores se habían ocultado tanto el paramento interior como los alfices con chapados de ladrillos enlucidos con mortero de cal. La apertura de los huecos cegados dio lugar a la aparición de restos de la decoración pictórica tanto de los arcos como de los paramentos interiores de la gran sala rectangular. Junto a estas pinturas es de interés la aparición de un grafiti a la altura de uno de los arranques del arco del lado este; de una fecha posterior, está compuesto por tres líneas en latín que reproducen, con algún error, un versículo (27, 3) del libro bíblico de los Proverbios.

Salón de la bóveda encamonada

Situada en planta alta, esta estancia forma un gran salón al que se accede desde el corredor septentrional y comunicado con las salas de la crujía exterior. Identificable como la sala con chimenea que se menciona en los Libros de visita del siglo XVI, fue posteriormente remodelada, correspondiendo a una fase contemporánea que cabe situar en las décadas centrales del siglo XIX la bóveda encamonada, construida con cañas cogidas con yeso, de tipología esquifada plana, que la cubría. Coetánea a la fecha de la bóveda es la pintura mural que ocupa el centro del muro occidental, representando un escudo de la Orden de Santiago cuya zona superior ocupa parte de la bóveda, de forma que las molduras de ésta contornean la zona de la corona de dicho escudo, flanqueada por figuras de ángeles. Esta pintura sería el testimonio de la fase final del edificio durante su periodo de uso por la Orden de Santiago, de manera que su traspaso al Obispado de Badajoz sería la causa de su ocultamiento y de la remodelación en la que se añaden unos motivos decorativos en relieve a la altura de su línea de arranque, que cortaron la parte superior del escudo.

Conclusiones

Se ha confirmado la existencia de una construcción bajomedieval, probablemente erigida a finales del siglo XV según indica la documentación escrita disponible. Este edificio primigenio es parcialmente demolido en las grandes obras de reforma emprendidas desde finales del siglo XV, reaprovechándose otro sector coincidente con la crujía situada al norte del actual patio porticado como núcleo en torno al cual se van añadiendo desde esa etapa bajomedieval dis-

tintos cuerpos de fábrica. El mismo espacio interior de ese núcleo bajomedieval es sucesivamente compartimentado, en relación a las sucesivas necesidades de uso del inmueble.

Cabe señalar que frente a la precisión cronológica de las etapas inicial y contemporánea final, existe una mayor indeterminación en cuanto a la datación de los procesos de reforma y adaptación intermedios, especialmente los que debieron realizarse entre el último tercio del siglo XVI y las décadas finales del XIX.

La primera etapa queda suficientemente precisada mediante la documentación escrita conocida, la formada por las sucesivas visitas de la Orden de Santiago, fechadas entre 1498 y 1575, aunque no así la primera etapa desde finales del XIV a finales del XV, de la que se han descubierto sin embargo varios testimonios arqueológicos. La última, en cambio, es conocida a través de la introducción de nuevos materiales y técnicas desde finales del siglo XIX y, excepcionalmente, a través de testimonios escritos como la nota manuscrita de la década de 1940.

El resultado más notable de los trabajos realizados ha sido el descubrimiento y recuperación de una serie de pinturas murales correspondientes a distintas fases de la historia del edificio, desde la Baja Edad Media a la Contemporánea, el grupo de mayor importancia de las cuales es el datado a finales del XV, excepcional testimonio del programa decorativo del edificio, con un carácter civil frente al carácter religioso de la inmensa mayoría de pinturas de esos momentos conservadas hasta la actualidad.

Lista de referencias

Brogiolo, G. P. 1995. «Arqueología estratigráfica y restauración», *Informes de la Construcción*. Vol. 46, nº 435, págs. 31-36. Madrid.

Caballero Zoreda, L. 1995. «Método para el análisis estratigráfico de construcciones históricas o "lectura de paramentos"», *Informes de la Construcción*. Vol. 46, nº 435, págs. 37-46. Madrid.

Caballero Zoreda, L. y C. Escribano Velasco (coord.). 1996. *Actas Arqueología de la Arquitectura. El método arqueológico aplicado al proceso de estudio y de intervención en edificios históricos*. Burgos: Junta de Castilla y León.

Caso Amador, Rafael. 2012. «Las pinturas murales del palacio episcopal de Llerena». *España: Nación y Constitución y otros estudios sobre Extremadura*. Pp. 213-234. Llerena: Sociedad Extremeña de Historia.

Ferrer Morales, A. 1998. *La pintura mural. Su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas*. 2ª ed. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Fortea Luna, M y V. López Bernal. 2002. *Plan Especial de Protección del Casco Histórico de Llerena*. Badajoz: Junta de Extremadura.

Garraín villa, L. J. 2010. *Llerena. Sus calles, historia y personajes*. Llerena.

Garrido Santiago, M. 1994-1995. «Aproximación a la pintura gótica en Extremadura». *Norba Arte*, 14-15, pp. 15-40. Cáceres.

González Acuña, Daniel. 2004. *Patrimonio arqueológico urbano: Propuesta metodológica de evaluación del estado de conservación y riesgo*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Harris, Edward C. 1991. *Principios de estratigrafía arqueológica*. Barcelona: Crítica.

Mogollón Cano-Cortés, P. 1987. *El mudéjar en Extremadura*. Salamanca: Institución Cultural El Broncense - Universidad de Extremadura.

Parenti, R. 1995. «Historia, importancia y aplicaciones del método de lectura de paramentos». *Informes de la Construcción*. Vol. 46, nº 435, págs. 19-30. Madrid.

Peña Gómez, Mª. P. de la.1991. *Arquitectura y urbanismo de Llerena*. Cáceres.

Rodríguez Temiño, Ignacio. 2004. *Arqueología urbana en España*. Barcelona: Ariel.

Rallo Grus, C. 2002. *Aportaciones a la técnica y estilística de la pintura mural en Castilla a final de la Edad Media. Tradición e influencia islámica*. Madrid: Fundación Universitaria Española.

Respaldiza Lama, P. J. 1988. «Pinturas murales del siglo XV en el monasterio de San Isidoro del Campo». *Laboratorio de Arte*, 11, pp. 69-99. Sevilla.

Rubio Masa, J. C. 2001. El *mecenazgo artístico de la Casa Ducal de Feria*. Mérida: Editora Regional de Extremadura.

Ruiz Mateos, A. et al. 1995. *Arte y religiosidad popular. Las ermitas en la Baja Extremadura (Siglos XV y XVI)*. Badajoz: Diputación Provincial.

Sapin, Christian. 1991. *Enduits et mortiers. Archéologie médiévale et moderne*. Paris: CNRS.

Tabales Rodríguez, Miguel Ángel. 2002. *Sistemas de análisis arqueológico de edificios históricos*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Tejada Vizuete, F. 1995. *El santuario de Ntra. Señora del Ara de Fuente del Arco (La más antigua devoción mariana en el territorio bajoextremeño santiaguista)*. Badajoz.

Sobre la construcción de pechinas de cantería. El caso de Armenia

Ana López Mozo
Miguel Ángel Alonso Rodríguez
José Calvo López
Enrique Rabasa Díaz

Choisy situaba en las ruinas de Gerasa el ejemplo más antiguo de bóveda vaída y llamaba la atención sobre el corte de piedra de sus pechinas (Choisy [1883] 1997, 90-92). La solución canónica en Occidente para cubrir un crucero emplea pechinas como superficies de transición entre la planta cuadrada que definen las embocaduras de las naves y la planta circular de la imposta de la cúpula. Estas pechinas son porciones de la esfera que definen los arcos perimetrales, cuyos paralelos determinan las juntas aparentes entre hiladas, en las que se apoyan unos lechos normalmente troncocónicos. Sin embargo, según Choisy, los lechos de las pechinas de Gerasa son «simples superficies planas» que convergen en la diagonal transversal, a la altura del arranque de la bóveda, de manera que las juntas aparentes entre hiladas estarían inclinadas: si las pechinas fueran esféricas serían circunferencias y las hiladas husos de altura variable. Choisy no precisa si estas pechinas son esféricas o no, pero las dibuja como tales y representa todas sus hiladas iguales (figura 1).[1]

Un reciente viaje de investigación a Armenia ha permitido documentar ejemplos construidos y comprobar que, en muchos casos, la forma de las pechinas armenias y las leyes que gobiernan la disposición de sus juntas no siguen la pauta de la solución canónica antes enunciada y podrían tener similitudes con el caso de Gerasa. Así, este trabajo pretende analizar los casos armenios, apoyándose en el levantamiento riguroso de su configuración geométrica y corte de piedra, y situarlos en el contexto de la historia de la construcción en cantería.[2]

Cantería armenia

En la Armenia actual se advierte una patente escasez de arbolado. Sea cierta o no la teoría de Strzygowski (1923, 8), quien explicaba la deforestación de la zona por el suministro de madera a Mesopotamia, lo que es claro es que pronto existió la necesidad de utilizar piedra y, por tanto, construcción abovedada. En la capital, Yerevan, se sigue empleando piedra hoy en día a gran escala en cerramientos de fachada en edificios de viviendas de varias alturas. Junto al material disponible para construir, es importante considerar que la ubicación geográfica de Armenia procuraría una estrecha relación con Bizancio, la antigua Persia y la provincia romana de Siria.

La intervención del arquitecto armenio Trdat en Constantinopla puede ser una muestra de la intensidad de las relaciones entre Armenia y Bizancio. Trdat, a quien se ha atribuido la construcción de la catedral de Ani entre 989 y 1001 y las iglesias principales de los monasterios de Sanahin y Haghpat en la segunda mitad del siglo X, sería el encargado de dirigir las reparaciones en la cúpula de Santa Sofía tras los daños producidos por los movimientos sísmicos del año 989. Las fuentes armenias señalan que maestros griegos habían intentado repetidamente reconstruir la cúpula, pero fue el arquitecto armenio

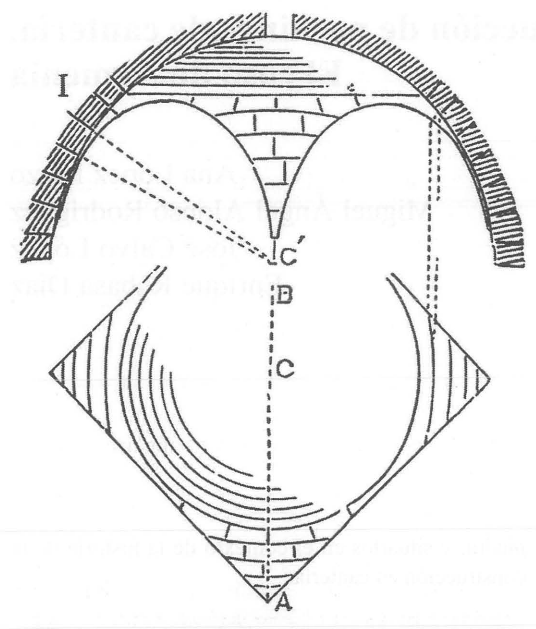




Figura 1
Bóveda vaída en las Termas Occidentales de Gerasa. Hipótesis de configuración de lechos (Choisy [1883] 1997, 91) (foto de Ignacio Arce)

Trdat, que estaba entonces en Constantinopla, quien presentó una planta y una maqueta y consiguió el encargo. Las obras acometidas con éxito por Trdat consistieron en la reconstrucción del sector occidental de la cúpula y el refuerzo del arco de esa zona. La experiencia del arquitecto en la construcción de cúpulas sobre pechinas, que había experimentado en Ani, Sanahin o Haghpat, pudo ser determinante en la adjudicación de la obra de Santa Sofía. Estos proyectos tan relevantes darían a Trdat una fama inusual, lo que explicaría quizá que sea uno de los pocos arquitectos medievales mencionado en fuentes contemporáneas (Maranci 2003).

Las conexiones entre Armenia y la provincia romana de Siria podrían ser más patentes a partir del análisis que esta comunicación ofrece de las pechinas armenias y sus posibles similitudes con las de Gerasa. Persia dominó Armenia entre los años 428 y 640: quizá la experiencia persa en abovedamiento en adobe fue trasladada a la piedra por los maestros armenios.

La cantería armenia dispone un relleno de sillarejo y mortero entre dos caras de sillería. Ésta ha sido la forma habitual de construcción de muros de piedra en Occidente, pero en Armenia se extiende a todo el edificio, incluidas las bóvedas. El sistema facilita que la forma externa y la interna tengan mayor independencia (Baltrusaitis 1929, 73 y ss; Baltrusaitis 1936, 13). En los muros, los sillares presentan unos lechos de muy poca profundidad, filetes de solo unos centímetros, pero en su parte central la masa de piedra es mayor y evita emplear mucho relleno. Aunque las juntas son rectas y los lechos son horizontales, se observa con mucha frecuencia que en algunos lugares se ha alcanzado un punto de la hilada avanzando por dos lados con alturas distintas, y se ha resuelto el encuentro con piezas especiales, a veces de formas difíciles o dimensiones muy pequeñas. Es decir, en los muros el trabajo no se apoya en una planificación previa, sino que se procede a tallar lo necesario para la colocación inmediata. En las bóvedas los lechos parecen ser algo más profundos, quizá para facilitar el apoyo.

Quizá este modo de construir tenga que ver con el *opus emplectum* romano, pues aunque Armenia fue provincia romana plena sólo entre 114 y 118 d.C., siempre tuvo una estrecha relación con el Imperio. Los sillares de los muros con la masa de piedra creciente hacia el centro se comportarían, a otra escala,

como el *opus reticulatum*, cuyas piezas troncopiramidales facilitarían el enlace con el relleno.

Pechinas armenias

Las primeras aproximaciones a la idea de pechina como transición entre una forma poligonal y una circular eran ya construidas en forma de tosca «falsa» bóveda vaída por los etruscos en Vetulonia en el siglo VII a.C. (Frothingham 1894) (figura 2).[3] En ejecuciones más cuidadas el primer ejemplo documentado es el ya mencionado de la bóveda vaída pétrea en las termas de la antigua Gerasa en la provincia romana de Siria en el siglo II. Como superficies de transición independientes de la bóveda que soportan fueron ya construidas en el llamado templo de Minerva Médica y en las termas de Caracalla en Roma en el s. III, y en Santa Sofía en Constantinopla en el s. VI, en una configuración que se repetiría con frecuencia después en Occidente para solucionar la cubrición de un crucero.

En Armenia los ejemplos más antiguos de iglesias con cúpula suelen construir ésta, ya sea de paños o aproximadamente esférica, sobre tambor poligonal que se apoya en los arcos del crucero mediante trompas cónicas o cilíndricas. Entre los casos más tempranos están las iglesias de Santa Hripsime en Ejmiacin y San Step'anos en Lmbatavank', ambas del siglo VII (Cuneo 1988, 98 y 254). Pero también hay algún ejemplo de esta época con cúpula sobre pechinas, como es el caso de la catedral de T'alin, de la primera mitad del siglo VII. Por otro lado, los constructores armenios muestran una maestría excepcional en la ejecución de transiciones entre líneas curvas y rectas. En las trompas aparentemente cilíndricas del *gavit* (atrio cubierto) de Goshavank se aprecian generatrices curvas intermedias. En el *sriptorium* de Sanahin cuatro arcos naciendo de los puntos medios de los lados de una habitación cuadrada soportan cuatro pechinas sobre las que apoya una cúpula circular rematada finalmente en un óculo octogonal: es decir, pasaron de un cuadrado a otro girado y de éste a un círculo para terminar con un octógono.

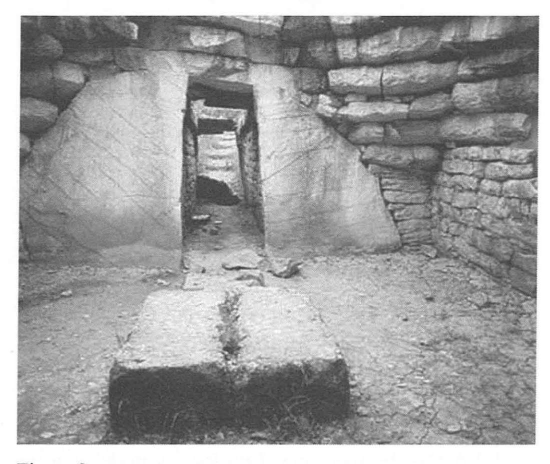


Figura 2
Tumba del Diavolino en Vetulonia, s. VII, reconstruida en el jardín del Museo Arqueológico de Florencia (www.canino.info)

De los ejemplos armenios documentados en el viaje de investigación mencionado al principio, se ofrece aquí el estudio detallado de los cinco más significativos. La toma de datos métricos se ha hecho mediante fotogrametría digital de imágenes cruzadas. Una vez obtenidas las coordenadas de los puntos por fotogrametría, se ha promediado en CAD tridimensional una superficie adaptada a cada pechina. A continuación se ha trazado la sección por los planos diagonales y se ha buscado su naturaleza geométrica. La proyección de puntos de pechinas y su correspondiente sección diagonal sobre un plano paralelo a ésta ha resultado clarificadora en el proceso de determinación de la configuración de los lechos.

Siguiendo un orden cronológico de mayor a menor antigüedad, comenzaremos por la iglesia de San Grigor, construida en el siglo VII en el convento de Harichavank. Un reducido espacio de planta cuadrada, del que sólo sobresalen cuatro pequeños ábsides rematados con bóveda de horno, está cubierto por una cúpula semiesférica sobre pechinas. Según Cuneo, el tambor y la cúpula serían posteriores (1988, 248). Los arcos perimetrales presentan una directriz peraltada, pero podría no tratarse de arcos de medio punto elevados, sino de algo más elaborado, de trazado oval o elíptico. La sección diagonal de las pechinas podría estar formada por arcos de círculo con centros al nivel del arranque y los lechos podrían ser planos convergentes hacia dichos centros, paralelos a la diagonal transversal de la planta. Las alturas de hilada son diferentes en cada pechina y en pechinas distintas. La hilada superior resuelve la transición entre el sistema inferior de lechos inclinados y la imposta cir-

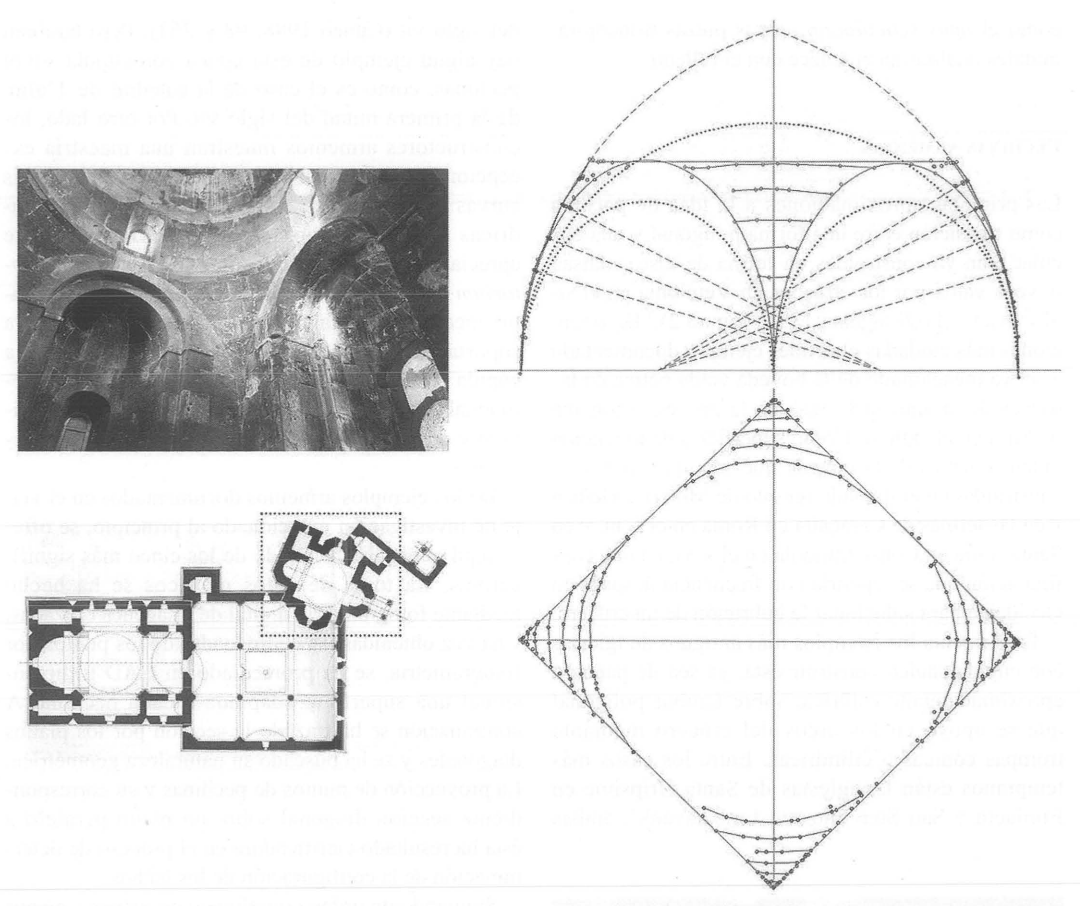


Figura 3
Iglesia de San Grigor en Harichavank s. VII (foto y levantamiento de los autores 2012) (planta de Cuneo 1988, 248-249)

cular horizontal donde apoya el tambor, por lo que su altura es evidentemente variable (figura 3).

El espacio principal de la iglesia de la Santa Cruz en el monasterio de Haghpat, posiblemente construida por el arquitecto armenio Trdat en la segunda mitad del siglo X (Maranci 2003, 294), está cubierto por una cúpula semi-esférica sobre tambor y pechinas. Los arcos perimetrales y las secciones diagonales de las pechinas son escarzanos y podrían pertenecer a una misma esfera con centro por debajo del plano de arranque. Los lechos podrían ser planos convergentes hacia dicho centro, paralelos a la diagonal transversal de la planta. Las pechinas están formadas por cinco hiladas de alturas diferentes, como en el caso anterior. Otra vez la última hilada antes de la imposta presenta altura variable al tener la junta inferior inclinada y la superior horizontal (figura 4).

La iglesia de San Amenaprkitch en el monasterio de Sanahin, construida en la segunda mitad del siglo X y atribuida también al arquitecto armenio Trdat (Maranci 2003, 294), tiene un crucero de planta irregular. Las secciones diagonales de las pechinas y los arcos perimetrales tienen una configuración similar a la del ejemplo anterior, del mismo arquitecto: podrían pertenecer todos a una esfera con su centro por debajo del plano de arranque. Los lechos podrían estar contenidos en planos convergentes hacia dicho centro, paralelos a la diagonal transversal de la planta: la irregularidad estaría aquí absorbida por una penúltima

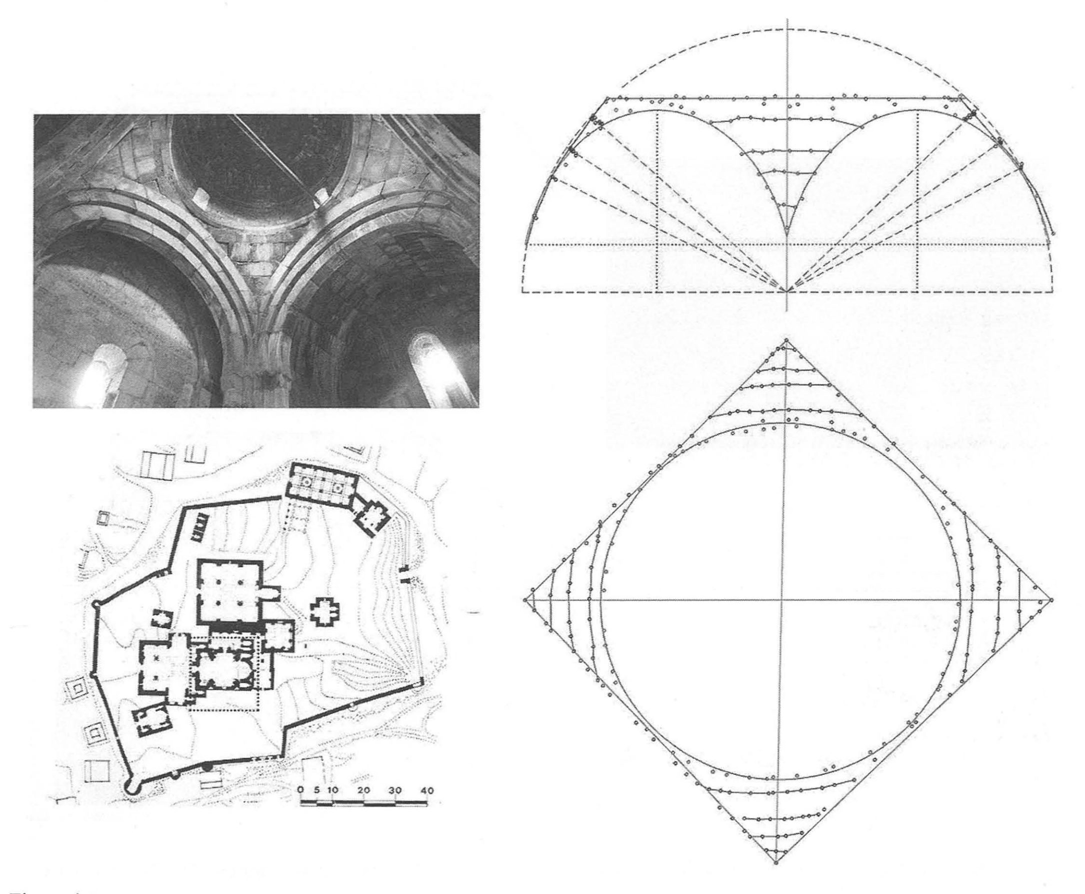


Figura 4
Iglesia de la Santa Cruz en el monasterio de Haghpat s. x (foto y levantamiento de los autores 2012) (planta de Cuneo 1988, 302-303)

hilada de altura variable antes de la última horizontal sobre la que apoya la imposta. Las pechinas tienen cinco hiladas de alturas diferentes (figura 5).

El *gavit* o atrio cubierto de la iglesia anterior, San Amenaprkitch, en el monasterio de Sanahin, fue construido en 1181 (Cuneo 1988, 290). Siguiendo la configuración típica de estas antesalas de las iglesias armenias, cuatro pilares exentos soportan arcos y pechinas de apoyo de la cúpula, en este caso formada por paños cilíndricos. La sección diagonal de las pechinas podría ser rectilínea y los lechos planos paralelos y equidistantes perpendiculares a la sección diagonal. En consecuencia, las hiladas tienen altura constante. El acuerdo entre este sistema y la imposta horizontal no está en este caso encomendado a una última hilada de altura variable, sino a un relleno dispuesto en los lugares necesarios (figura 6).

San Astvatsatsin, iglesia principal del convento de Harichavank, fue construida en 1201 (Cuneo 1988, 248). El crucero está cubierto por una cúpula semi-esférica sobre tambor y pechinas. Los arcos perimetrales presentan una directriz apuntada. La sección diagonal de las pechinas podría estar conformada por arcos de círculo con su centro situado por debajo del plano de arranque. Los lechos serían planos paralelos a la diagonal transversal y en las hiladas inferiores convergerían hacia los centros de la sección diagonal, salvo el último antes de la junta horizontal, que tiene menor inclinación y partiría

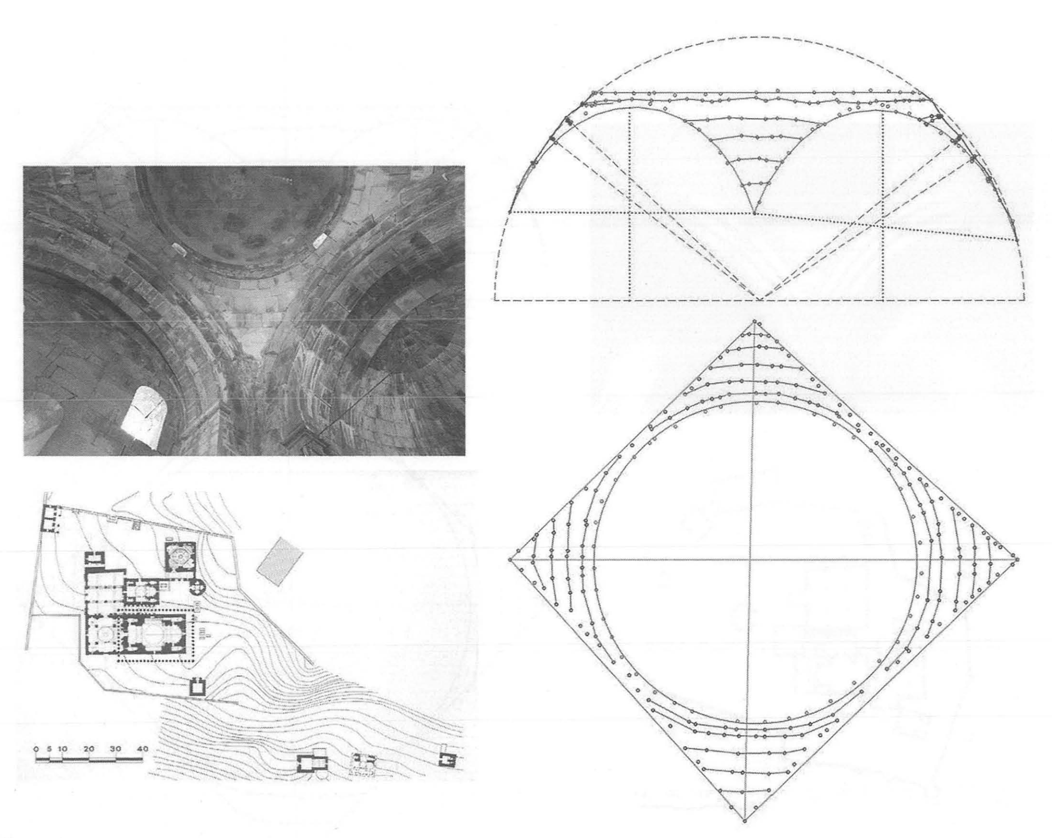


Figura 5
Iglesia de San Amenaprkitch en el monasterio de Sanahin s. X (foto y levantamiento de los autores 2012) (planta de Cuneo 1988, 291)

del arranque de la pechina opuesta, quizá para facilitar la transición hasta la siguiente junta horizontal. Las pechinas tienen cinco hiladas de alturas diferentes (figura 7).

Casos no canónicos posteriores en Occidente

En Occidente también existen ejemplos de pechinas de cantería con despiezos no canónicos. Es el caso de la Sacristía Mayor de la catedral de Sevilla, ejecutada siguiendo inicialmente trazas de Diego de Riaño y finalmente cerrada por Martín de Gaínza en 1543 (Pinto 2001, 157-171). No se trata, como han señalado algunos autores, de la primera esfera de nuestro Renacimiento: en 1525 estaba ya terminada la bóveda vaída de la Sacristía de la catedral de Murcia (Calvo et al. 2005, 85). La última hilada de las pechinas antes de la imposta presenta altura variable, apreciable a simple vista, lo que nos habla de un sistema constructivo diferente en las hiladas inferiores, con juntas aparentes inclinadas (figura 8). En consecuencia, no sería de aplicación en este aparejo el procedimiento de trazado propuesto por Vandelvira ([ca. 1575-1591] 1977, Título 96). Quizá la talla de la ornamentación que incluyen estas pechinas aconsejó la disposición de lechos sensiblemente ortogonales a la superficie.

La bóveda plana del sotacoro del Monasterio de El Escorial, cerrada en 1583, se apoya por medio de pechinas en los arcos carpanel perimetrales. En este caso las hiladas de las pechinas son horizontales, pero su centro no está en el eje de la bóveda: las juntas aparentes son arcos de circunferencia también horizontales

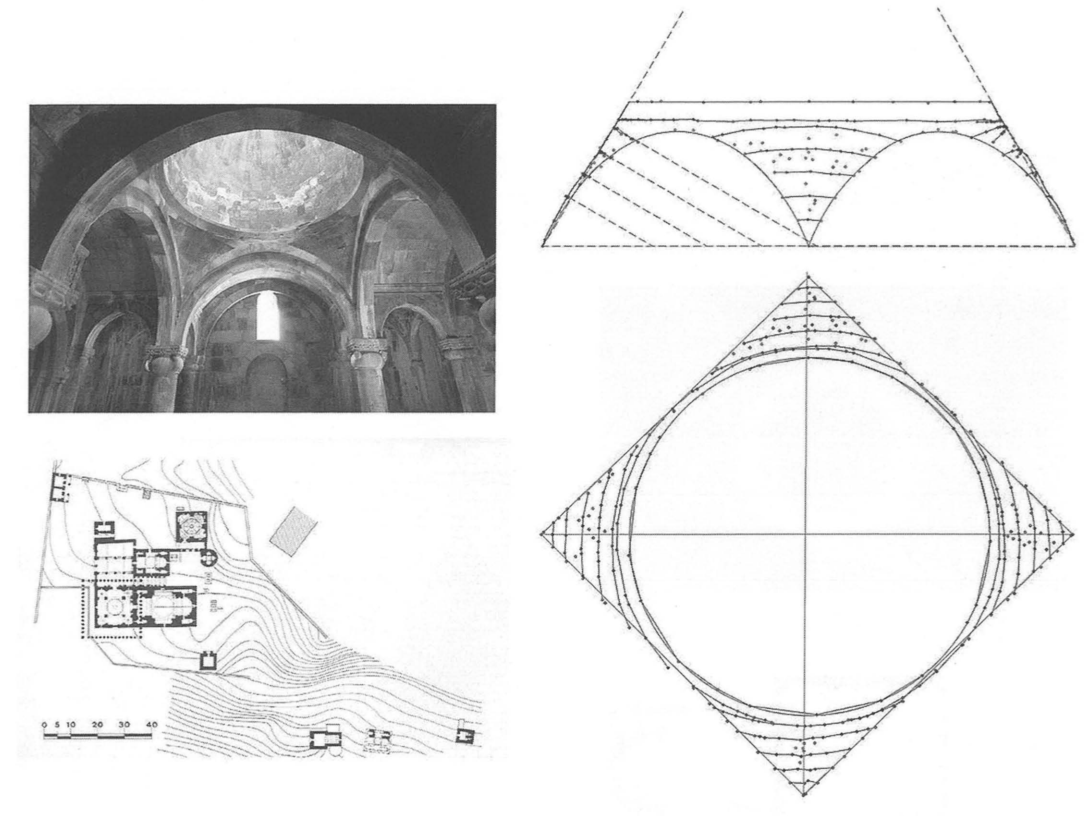


Figura 6
Gavit o atrio cubierto de la iglesia de San Amenaprkitch en el monasterio de Sanahin (s. XI) (foto y levantamiento de los autores 2012) (planta de Cuneo 1988, 291)

que se apoyan en la sección diagonal y en los dos correspondientes arcos torales y tienen por tanto el centro desplazado respecto al eje. Por este motivo, la hilada de transición entre pechinas y zona central presenta un ancho variable apreciable a simple vista (figura 9). La cara vista de las dovelas de esta zona es una superficie ligeramente alabeada, seguramente tallada por aproximación (López Mozo 2009, 360-365).

La capilla del Hospital de la Concepción en Burgos, construida entre 1619 y 1626 con trazas de Juan de Naveda (Losada Varea 2007, 176-184), está cubierta por una media naranja sobre pechinas, todo ello de cantería. En las pechinas se aprecia a simple vista una hilada superior de altura variable, que nos habla de juntas entre hiladas consecutivas inclinadas en la parte inferior. Quizá aquí también la talla de la ornamentación aconsejó esta disposición de lechos (figura 10).

Conclusiones

Dos de los casos estudiados podrían haberse trazado a partir de una concepción geométrica previa de la forma de la pechina, aquéllos que se atribuyen al arquitecto armenio Trdat, que se ocupaba de las reparaciones de Santa Sofía a finales del siglo X. Se trata de las iglesias principales de los monasterios de Haghpat y Sanahin (figuras 4 y 5) y en ambas se adaptarían a un casquete esférico, pues el centro está por debajo del arranque, produciendo arcos perimetrales y secciones diagonales escarzanos. La sección diagonal en el resto de los ejemplos estudiados no se aproxima al caso canónico y en uno de ellos es casi recta (figura 6), pero en todos resulta determinante en la configuración de los lechos, que se trazarían en planos sensiblemente ortogonales a

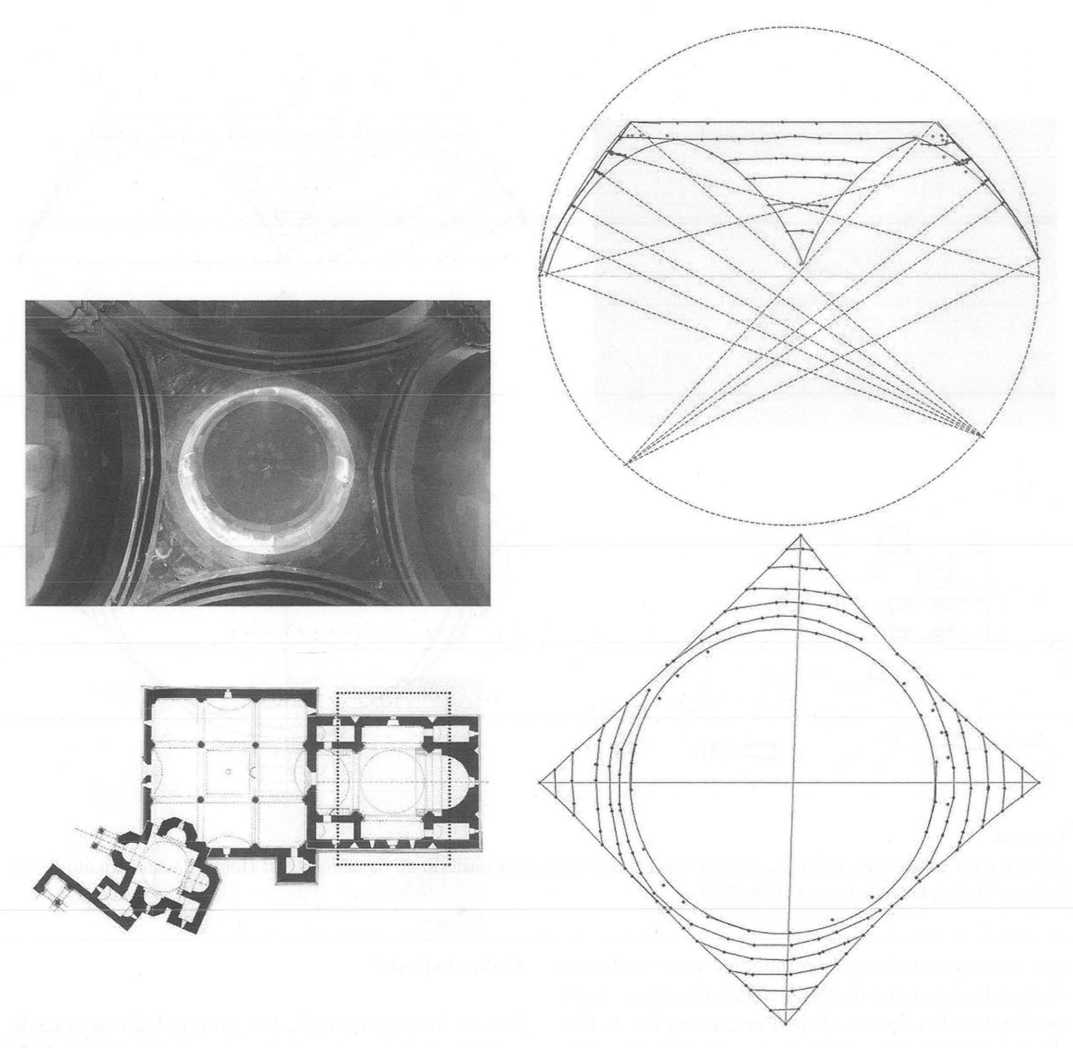


Figura 7
Iglesia de San Astvatsatsin en el convento de Harichavank 1201 (foto y levantamiento de los autores 2012) (planta de Cuneo 1988, 248-249)

ella. Por otro lado, la corta longitud de las juntas aparentes entre hiladas consecutivas de las pechinas ha dificultado determinar el arco que definen: sí se ha podido hallar, sin embargo, su inclinación aproximada.

Los casos de pechinas estudiados no coinciden exactamente con la hipótesis de Choisy sobre Gerasa, pero sí presentan un despiezo con juntas inclinadas entre hiladas. La reiteración de esta solución indica que los constructores armenios habían llegado a sistematizar un procedimiento específico para resolver la transición de la planta cuadrada del crucero a la circular de una cúpula.

Por otra parte, dada la falta de regularidad en las alturas de las diferentes hiladas de una pechina, podemos considerar que el procedimiento empleado no se basaba en la obtención y uso de un sistema de plantillas. En consecuencia, no servirían de forma

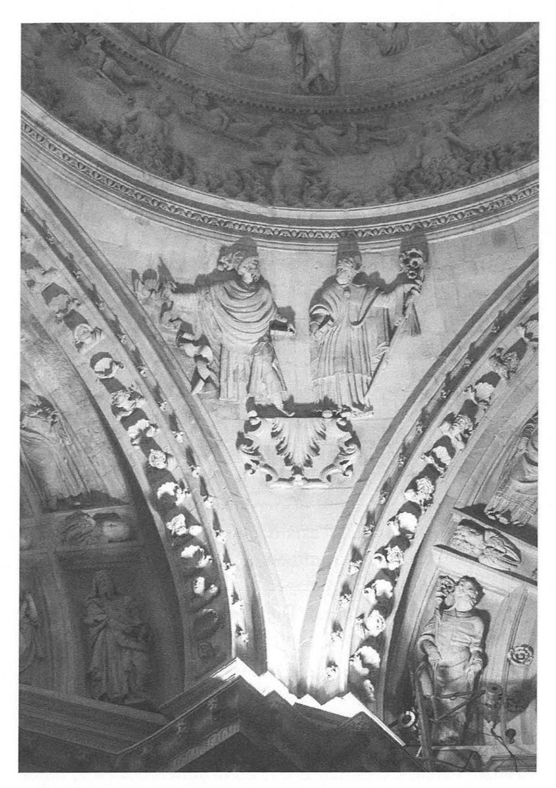


Figura 8
Pechinas en la Sacristía Mayor de la catedral de Sevilla (foto de los autores 2007)

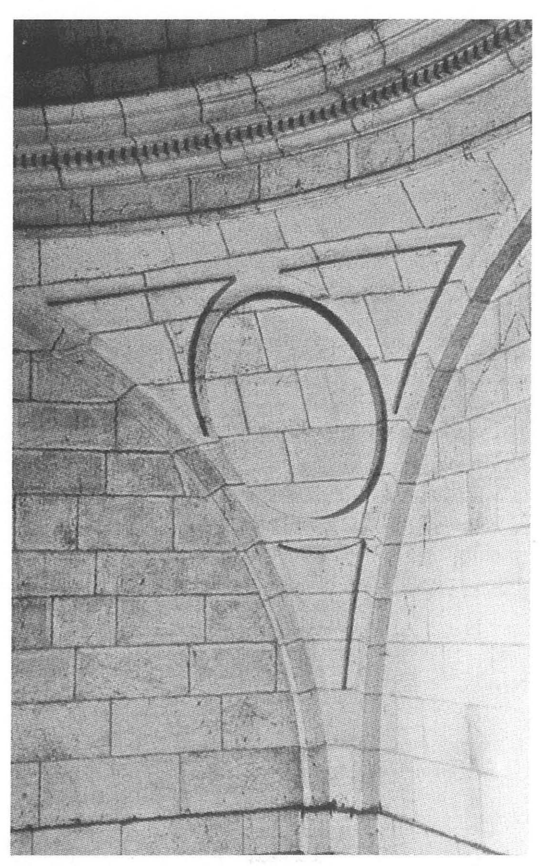


Figura 10
Pechinas en la capilla del Hospital de la Concepción en Burgos (Losada Varea 2007, 94)

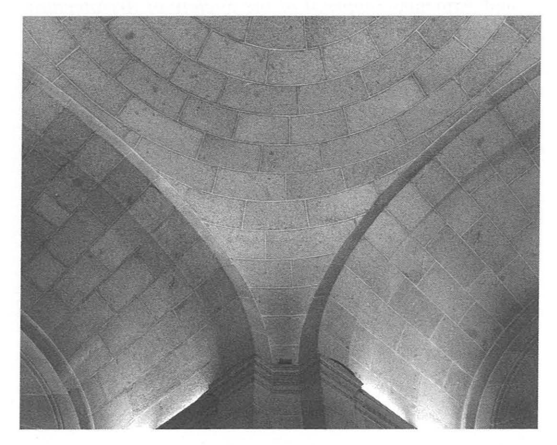


Figura 9
Pechinas en el sotacoro del Monasterio de El Escorial (López Mozo 2009, 364)

general los procedimientos que después desarrollaría el Renacimiento español. Una hipótesis razonable sería considerar que lo que vemos es el resultado de un modo de construir que permite una gran libertad en la forma de la pechina y en sus condiciones de contorno: los arcos perimetrales pueden seguir cualquier directriz, ya sea de medio punto, escarzana o apuntada y la sección diagonal puede ser recta o curva de cualquier forma, permitiendo situar a diferentes alturas la base de la cúpula. El acuerdo con la imposta se resuelve en una última hilada de transición o con relleno interpuesto en los lugares necesarios, como en el *gavit* del monasterio de Sanahin (figura 6). La talla requiere trabajo in situ, como ocurre con los muros.

Quizá esta forma de hacer es un procedimiento derivado de la construcción de trompas cónicas, que en Armenia centró la primera etapa de soluciones al problema de situar una cúpula sobre una planta cuadrada. Según Strzygowski (1919, 363-368), esta tradición de construcción de trompas podría tener relación con Persia y Asia Central.

El análisis de algunos ejemplos significativos de pechinas armenias nos permite concluir que el proceso parece apoyarse casi exclusivamente en un control por medio de líneas, sin concepción geométrica previa de la superficie, como habría venido sucediendo en muchos períodos de la historia de la construcción, no sólo en el gótico (López Mozo, Rabasa, Sobrino 2011). Por otro lado, esta comunicación pretende también llamar la atención sobre la necesidad de cuestionar la configuración formal y constructiva de algunos ejemplos de pechinas que tradicionalmente se han venido adscribiendo al caso canónico de triángulos esféricos con hiladas horizontales.

Notas

1. Choisy no explica cómo ha conocido que los lechos son planos que se dirigen al centro de la planta. Como veremos, no es fácil determinar esto con seguridad, incluso con fotogrametría digital de imágenes cruzadas. Quizá Choisy consiguiera situar la vista en ese punto y dirigir visuales sobre una regla, para garantizar que los planos pasan por la posición del ojo.
2. Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto de Investigación «Construcción en piedra de cantería en los ámbitos mediterráneo y atlántico. Análisis de ejemplos construidos» (BIA2009-14350) del Plan Nacional de I+D+i, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Queremos expresar nuestra gratitud a Ignacio Arce, quien puso a nuestra disposición abundante documentación fotográfica sobre la bóveda vaída de las termas de Gerasa.
3. Isidoro Falchi informaba sobre los descubrimientos realizados en las excavaciones que dirigió en Vetulonia desde 1886 y especialmente durante 1891 en *Notizie degli Scavi*, 1892, pp. 381-405 y 1893, pp. 143-161.

Lista de referencias

Baltrusaitis, Jurgis. 1929. *Études sur l'art médiéval en Géorgie et en Arménie*. Paris: Ernest Leroux.

Baltrusaitis, Jurgis. 1936. *Le problème de l'ogive et l'Armenie*. Paris: Ernest Leroux.

Calvo López, José et al. 2005. *Cantería renacentista en la catedral de Murcia*. Murcia: Colegio Oficial de Arquitectos de Murcia.

Choisy, Auguste. [1883] 1997. *El arte de construir en Bizancio*. S. Huerta y J. Girón (ed.). Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Cuneo, Paolo. 1988. *Architettura armena dal quarto al diciannovesimo secolo*. Roma: De Luca.

Frothingham, A. L. 1894. «A Primitive Dome with Pendentives at Vetulonia». *The American Journal of Archaeology and of the History of the Fine Arts*, Vol. 9, No. 2 (Apr. - Jun., 1894), pp. 213-216.

López Mozo, Ana. 2009. «Bóvedas de piedra del Monasterio de El Escorial». Tesis doctoral inédita, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

López Mozo, Ana; Rabasa Díaz E. y M. Sobrino González. 2011. «La línea en el control material de la forma». *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago de Compostela*. Santiago Huerta et al (ed.). Vol. 1, p. 743-754. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Losada Varea, Celestina. 2007. *La arquitectura en el otoño del Renacimiento: Juan de Naveda (1590-1638)*. Santander: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.

Maranci, Christina. 2003. «The Architect Trdat: Building Practices and Cross-Cultural Exchange in Byzantium and Armenia». *Journal of the Society of Architectural Historians*, Vol. 62, No. 3 (Sep., 2003), pp. 294-305.

Pinto Puerto, Francisco. 2002. *Las esferas de piedra. Sevilla como lugar de encuentro entre ciencia y arte en el Renacimiento*. Sevilla: Diputación de Sevilla.

Strzygowski, Josef. 1918. *Die Baukunst der Armenier und Europa*. Viena: Kunstverlag Anton Schroll and Co.

Strzygowski, Josef. 1923. *Origin of Christian Church Art. New facts and principles of research*. Oxford: Clarendon Press.

Vandelvira, Alonso de. [ca. 1575-1591] 1977. *Tratado de Arquitectura de Alonso de Vandelvira*. Geneviève Barbé - Coquelin De Lisle (ed.). Albacete: Caja Provincial de Ahorros.

Cornisas arpadas en las chimeneas industriales de ladrillo

Gracia López Patiño

Aunque cada vez pasan menos desapercibidas, debido a su gran altura y a la protección frente al derribo que han suscitado en los últimos años, las chimeneas industriales son aún hoy grandes desconocidas. El ornamento que presentan sus coronas está realizado para ser observado y admirado desde la lejanía. Sin embargo, a nivel humano, a una distancia perfectamente perceptible por el ojo, las chimeneas presentan una obra construida convertida en verdadero decoro. Se trata de las cornisas e impostas de las bases, que tienen además otra función que la meramente ornamental, alejar el agua del cuerpo de las mismas. Una tipología específica de éstas, aquéllas que utilizan las hiladas arpadas en exclusividad o en combinación con otros tipos de hiladas, utilizadas por algunos constructores a lo largo y ancho de la geografía española, serán ampliamente estudiadas y clasificadas a partir del dibujo una vez tomados datos in situ, fotográficos y de dimensiones. El estudio incluye la autoría de algunas de ellas y el ámbito de aplicación.

La finalidad de esta investigación es dotar de elementos suficientes para establecer posibles relaciones entre las cornisas de chimeneas ya conocidas y las de nuevo estudio, información indispensable para posibles posteriores restauraciones.

Distribución de cornisas en la chimenea industrial de ladrillo

Recibe el nombre de cornisa el remate o coronamiento de un cuerpo. En una chimenea industrial de ladrillo pueden distinguirse dos elementos que están rematados por una cornisa, que, en ambos casos, ejerce una doble función. Por una parte la función protectora frente al agua de lluvia, desarrollada a partir de un vuelo, donde las hiladas sucesivas aumentan la dimensión que sobresale respecto de la pieza inmediatamente inferior; y la segunda, la función ornamental. Esta última función desarrolla un juego de luces y sombras proveniente del desplazamiento y giro de los ladrillos en las distintas hiladas, unos respecto de los otros, en combinación con otro tipo de hiladas corridas a soga, tizón o cualquier otro tipo de aparejo.

Los dos cuerpos de una chimenea industrial de ladrillo que son rematados por cornisas son la base y la corona. Ambas pueden ir precedidas por impostas, con igual o diferente tratamiento de hiladas.

El presente estudio está particularizado para aquellas cornisas distinguibles a nivel humano, es decir, perceptibles a simple vista por el ojo humano con total claridad, y que correspondería con las cornisas de las bases que oscilan entre los tres y cinco metros de altura. Por lo general, los motivos utilizados en las cornisas de las coronas suelen ser repetidos de las bases.

Disposición del ladrillo arpado

La disposición en arpado consiste en el giro de las piezas cerámicas sobre sí mismas, con respecto a un eje vertical, a 45º o 60º, teniendo como base un apa-

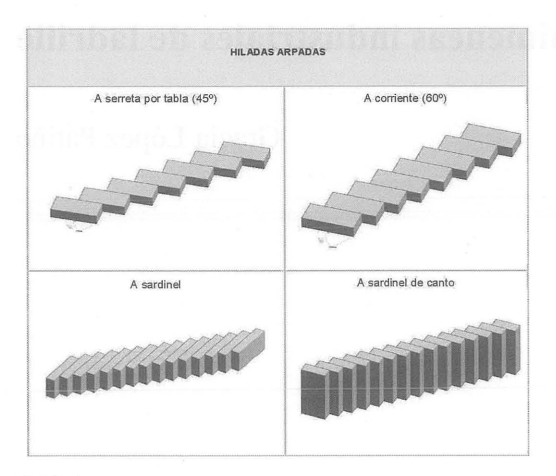


Tabla 1
Hiladas arpadas en sus distintas disposiciones (ilustración de la autora)

rejo principal, que son hiladas corridas a soga, a tizón, o a sardinel, como se puede ver en la Tabla 1.

Un ladrillo que gira sobre sí mismo 45º respecto de una posición donde el tizón es la cara vista, se denomina a serreta. Cuando el giro es de 60º se denomina a corriente. En ambos casos el ladrillo puede estar apoyado sobre tabla, sobre canto o testa; estos dos últimos casos correspondientes a lo que comúnmente se denomina sardinel. Si las piezas arpadas se repiten en más de una hilada y las piezas coinciden exactamente en posición unas sobre otras se obtiene arpado en columnilla y si alternan la posición con respecto a la de arriba y abajo, recibe el nombre de a tresbolillo.

Codificación de los arpados

Se ha establecido una codificación de arpados como combinación de letras y números correspondientes con los distintos casos encontrados. Para comenzar, la letra A hará referencia al tipo arpados, y se colocará liderando el código de asignación. El resto de parámetros de codificación serán nominados desde la generalidad de las hiladas o conjunto hasta la particularidad del ladrillo.

La disposición de arpado en la fábrica de la cornisa se puede presentar como hilada aislada, dobles hiladas, es decir, dos hiladas consecutivas arpadas, o bandas, para más de dos hiladas arpadas seguidas. Se utilizarán los números 1 y 2 para los primeros casos, respectivamente, y la letra B para el último de ellos. Para los casos donde el ladrillo está colocado a sardinel, en cualquiera de sus dos formatos, aparecerá una S. Le sigue el turno a la disposición girada del ladrillo correspondiente con las letras Se para serreta y Co para arpado a corriente. En el caso de múltiples hiladas la posición del giro con respecto a los giros de la hilada anterior y posterior dará lugar a la repetición en vertical, es decir, en columnilla, a la que se asignará la letra L y alternada o a tresbolillo, para la cual se han escogido las letras Tr. Cuando el tamaño del ladrillo difiere del estándar se ha fijado el vocablo Esp para denominar una situación anómala o especial. Todas las letras y números anteriores irán separados por un guión.

A partir de aquí, separado por una barra inclinada, se ha introducido una nomenclatura para manifestar la sección en planta de la base donde estaría incluida la cornisa y el aparejo de la misma, que puede ser a soga, tizón, flamenco o inglés, tomando las letras C, Q y O, para las secciones circulares, cuadradas y octogonales, respectivamente, y las iniciales, So, Ti, F e I para los aparejos citados anteriormente en el mismo orden.

Las hiladas arpadas siempre aparecen en combinación con otros tipos de hiladas para conseguir los vuelos, y, en realidad, son más utilizados como ornato, por el juego de luces y sombras que comporta, que para conseguir grandes salientes. De hecho, muchos de ellos aparecen enrasados, e incluso rehundidos, con respecto a las hiladas contiguas.

En la tabla 2 vienen reflejadas todas las chimeneas estudiadas con su correspondiente codificación, localización geográfica, y sección de la base. Del estudio de la misma se deduce que la mayoría de las bases en las cuales está el arpado formando la cornisa son de sección cuadrada.

Ámbito geográfico de estudio

Se ha procedido a estudiar las chimeneas de ladrillo en la Comunidad Valenciana, Comunidad Murciana y su área de influencia, es decir, aquellos lugares donde los constructores procedentes de estas regiones dejaron su impronta de forma mayoritaria. Estas áreas corresponden con el Norte de Andalucía, y las

ARPADOS						
			Código	**Sección base**	**Localidad**	**Empresa**
Hiladas	A serreta por tabla	Flamenco	A-1-Se/Q-F	Cuadrada	Ceutí.	Fca. Manolín Aceitera
				Cuadrada	Arjonilla	Aceitera
				Cuadrada	Utrillas	Minera
				Cuadrada	Buñol	Molino Corrons
		Inglés	A-1-Se/C-I	Circular	Segovia	Tejera
			A-1-Se/Q-I	Cuadrada	Villa del Río	Aceites Monterreal, S.A.
	A corriente	Flamenco	A-1-Co/Q-F	Cuadrada	Zaragoza	Sociedad General Azucarera
				Cuadrada	Calamocha	Tejerías Tello
	A sardinel	A serreta	A-1-S-Se/Q-F	Cuadrada	Oliva	La Tubera
				Cuadrada	Castelló de Rugat	Fábrica de Gil
				Cuadrada	Gerona	Els Quimics
				Cuadrada	Calamocha	Tejerías Tello
		A corriente	A-1-S-Co/Q-F	Cuadrada	Villa D. Fadrique	Alcoholera
			A-1-S-Co/O-I	Octogonal	Xàtiva	Papelera San Jorge1
	Con piezas especiales		A-1-Esp/O	Octogonal	Teruel	Resinera del Carmen
			A-1-Esp/Q	Cuadrada	Ceutí	Fca. Vicente Jara
Dobles hiladas	A serreta por tabla		A-2-Se/Q	Cuadrada	Andújar	Aceitera
				Cuadrada	Teruel	Fábrica fibras Petra Crespo
				Cuadrada	Magallón	Destilería alcohol
		A tresbolillo	A-2-Se-Tr/Q	Cuadrada	Sueca	Tancat Baldoví
	A corriente	A tresbolillo	A-2-Co-Tr/Q	Cuadrada	Ceutí	Fca. Tomás Colaña
Banda	A serreta por tabla	En columnilla	A-B-Se-L/Q	Cuadrada	Alameda Sagra 1	Cerámica
				Cuadrada	Zaragoza	S. Gral. Azucarera
		A tresbolillo	A-B-Se-Tr/Q	Cuadrada	Utrillas	MFU
				Cuadrada	Sueca	El Teular

Tabla 2
Codificación de las distintas chimeneas con arpados (tabla de la autora)

Comunidades de Castilla La Mancha, Castilla León y Aragón.

Constructores que utilizan arpados

Una de las familias más prolíficas en la construcción de chimeneas industriales es la familia Goig (López, 2007) procedente de Alcira, pequeña localidad cercana a Valencia. Su producción se realizó durante la década de los cuarenta, cincuenta e incluso primera mitad de los años sesenta del siglo XX. Sólo dos ejemplares de esta familia se han encontrado con arpados en la Comunidad Valenciana. Uno de ellos se encuentra en la fábrica de Anís Maura en Real de Montroy (figura 1) con un arpado a sardinel a serreta en el espacio de interdentellado individual, a imagen y semejanza de los encontrados en Tomelloso, en las chimeneas octogonales de las bodegas de los Hermanos Espinosa y Felipe Torres. Este motivo a sardinel a serreta se ha encontrado también en un ejemplo de chimenea en La Villa de Don Fadrique (figura 2), que por sus características es atribuida a constructores murcianos. José Goig Lorente lideraba el grupo que construyó chimeneas de ladrillo en la región manchega y que hipotéticamente pudo coincidir en el tiempo con equi-



Figura 1
Detalle de cornisa arpada a sardinel a serreta en el espacio de interdentellado individual en T en fábrica Anís Maura, Real de Montroy - Valencia 1946 (foto de la autora 2007)



Figura 3
Cornisa arpada papelera San Jorge, Xàtiva - Valencia (foto de la autora 2008)

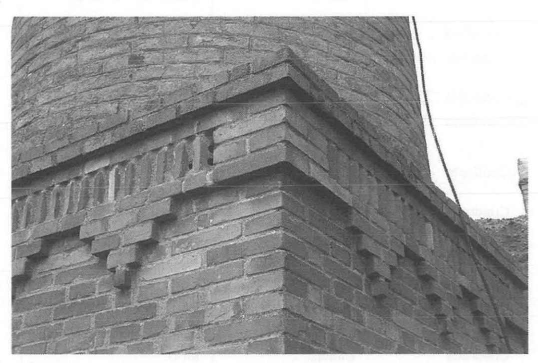


Figura 2
Esquina de cornisa de chimenea alcoholera con motivo dentellado especial e hilada arpada a sardinel a serreta, La Villa de don Fadrique - Toledo (foto de la autora 2008)

pos murcianos, como es el caso recientemente nombrado donde conviven dos monolitos que una vez fueron humeantes a escasos cien metros, de ahí la posible imitación del motivo por parte de los maestros valencianos, ya que no es usual encontrar este tipo de arpados en tierras valencianas. La otra construcción, la más alta de las tres chimeneas construidas por ellos en la Papelera San Jorge de Xàtiva (figura 3), es un ejemplo sublime de combinación de arpados en varias hiladas. La hilada inferior repite el motivo anterior, y la superior, sobre ésta, con un dentellado de pieza aplantillada de esquina y un arpado a serreta por tabla en columnilla en el espacio interdentellado.

Fuera de fronteras valencianas la misma colla de constructores alcireños utilizan hiladas a serreta por tabla bajo un típico dentellado individual en T en la fábrica Aceites Monterreal de Villa del Río, y una doble hilada a serreta por tabla en columnilla en una fábrica de aceites de Andújar (figura 4). Volada la primera y enrasada la segunda, participan de muy distintos vuelos totales, un pie para el primer caso y medio pie para el segundo. Las esquinas son terminadas de muy distinta manera. Con un ladrillo aplantillado con las esquinas matadas a 45º se remata la esquina cordobesa, mientras que con una pieza



Figura 4
Cornisa de doble hilada arpada a serreta por tabla en columnilla en chimenea de aceitera, Andújar - Jaén (foto de la autora 2012)

siguiendo la pauta de la hilada, quedando en diagonal, se remata la de Andújar.

Cerca de la capital valenciana a orillas de la Albufera, Manuel Cortés plasmó lo que había aprendido trabajando para el arquitecto modernista Buenaventura Ferrando en el Asilo de Ancianos de Sueca. El arquitecto, que había estudiado en Madrid, se imbuyó de la corriente arquitectónica del ladrillo, imperante en la época en la capital. El maestro constructor realizó dos chimeneas con un mismo motivo de panel hexagonal irregular arpado a serreta por tabla a tresbolillo en cada una de las caras de las bases de las chimeneas de El Teular, en el año 1933, y el Tancat de Baldoví, en el 1938. Para las cornisas desarrolló una banda de tres hiladas de arpado a serreta por tabla a tresbolillo (figura 5), en la primera, de mayor dimensión dado que el uso era para un horno de cerámica de gran capacidad, y dos dobles hiladas arpadas a serreta en columnilla y a tresbolillo entre sí (figura 6), en la segunda. El tratamiento de la esquina en ambos casos es la utilización de una pieza siguiendo la inclinación de 45º, con lo que queda una pieza completa paralelepipédica en diagonal, en columnilla. El vuelo también se repite en ambas y se reduce a medio pie. En ningún caso el arpado está volado, sino enrasado e incluso rehundido.

os son los lugares donde todavía podemos encontrar chimeneas con arpados construidas por Eloy Garrido, procedente de Alcantarilla (Murcia) donde había trabajado para la familia Pacheco. El primero es Oliva, a donde llegó por cuestiones personales, y el



Figura 5
Esquina de cornisa de chimenea El Teular, Sueca - Valencia (foto de la autora 2009)



Figura 6
Cornisa completa de Tancat de Baldoví, Sueca - Valencia (foto de la autora 2011)

segundo Castelló de Rugat. En ambos casos el motivo se reitera, un arpado a sardinel a corriente (figura 7). La diferencia radica en que en el primer caso, la fábrica cerámica de La Tubera, el arpado queda volado completamente, mientras que en el segundo, también fábrica ladrillera de Gil, queda casi enrasado entre las hiladas corridas superior e inferior. Los vuelos totales encontrados difieren notablemente. Mientras que el primero consigue 5/6 de pie el segundo tan sólo alcanza _ de pie, razón que puede explicarse porque en este último caso la base de la chimenea se encuentra bajo cubierta. Coincide la forma de terminar la esquina en machón, ya que ambas bases de chimenea son de sección cuadrada en planta. Sin ser la cornisa propiamente dicha, el motivo también queda marcado en las impostas de otras chimeneas en la misma localidad donde se instaló el constructor, como en la cerámica Santa Ana (figura 8).

Jesús Pacheco Sánchez, de la ya nombrada saga de los Pacheco que encabezaba Juan Pacheco Pellicer, salpicó el área conservera de Ceutí de chimeneas con un estilo muy propio allá por la década de los cuarenta. A las características propias de la saga con chimeneas de fuste circular y base cuadrada con pendiente, introdujo la cerámica vidriada de colores intensos. Entre sus motivos destaca la doble hilada arpada a corriente a tresbolillo y con diferente sentido de la fábrica de conservas de Tomás Colaña, repetida en las impostas precedentes a las cornisas de las chimeneas de La Chula, también en Ceutí, y en la fábrica de Matías Martínez en Lorquí (figura 9) o en la

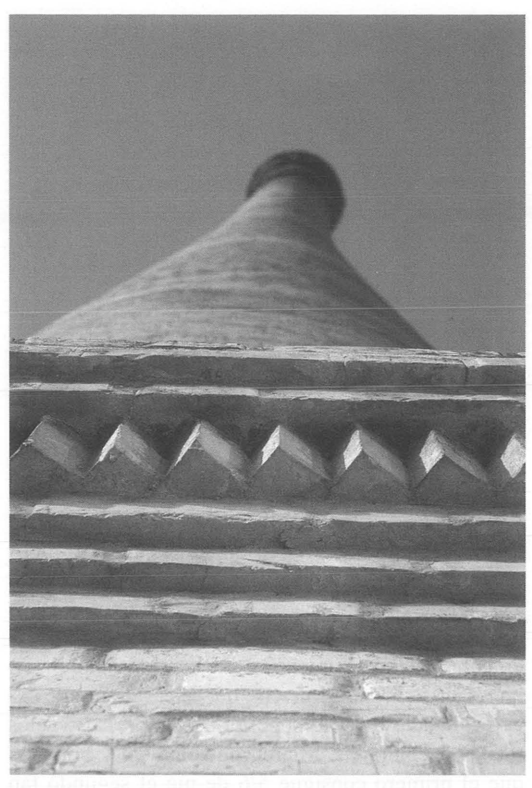


Figura 7
Vista desde la parte inferior de cornisa de La Tubera, Oliva - Valencia (foto de la autora 2011)

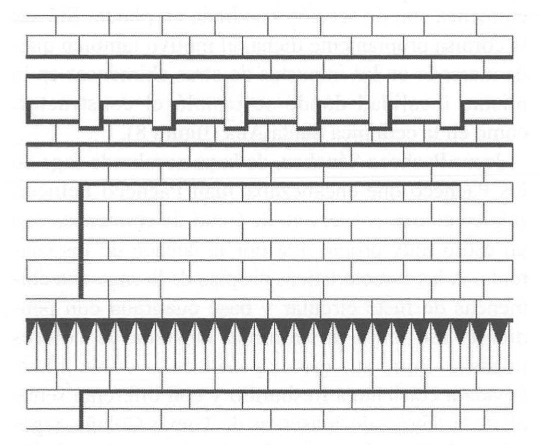


Figura 8
Detalle de imposta y cornisa de la f;abrica de cer;amica Santa Ana, Oliva ç Valencia (dibujo de la autora 2001)

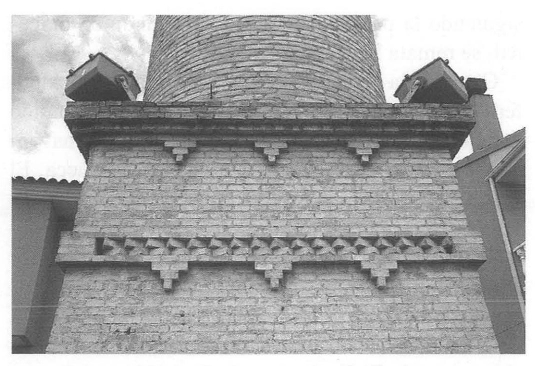


Figura 9
Cornisa e imposta de base de chimenea de fábrica Matías Martínez, Lorquí - Murcia (foto de la autora 2011)

fábrica de cerámicas Garaulet en Hellín, intercaladas en dentellados especiales en forma de triángulo de vértice invertido

Sin confirmar su autoría, en la chimenea de sección cuadrada de la fábrica de Vicente Jara (figura 10) del mismo Ceutí, se resalta la utilización de piezas especiales a sardinel a serreta, de más pequeño tamaño que las estándares. En la fábrica de Manolín una hilada a serreta por tabla bajo dentellado completa la cornisa de una chimenea que fue construida por Deogracias Baños y posteriormente reconstruida la corona por Jesús Pacheco.

También en Teruel se utiliza esta misma disposición y con la misma pieza en una chimenea muy distinta, de sección octogonal toda ella. Se trata de la chimenea de la Resinera del Carmen (figura 11), cuya construcción pudiera ser de 1902 y reconstrucción en 1941, después de la Guerra Civil española, en base a un proyecto firmado por Emilio Herrero el 2 de septiembre de 1940. Estas hiladas quedan dispuestas sobre el dentellado quedando remarcada la fila por machón, y bajo él, en dos hiladas separadas por hiladas corridas con diferente solución para la esquina, la inferior con piezas aplantilladas de esquina a 135º y la superior con la propia pieza especial en ángulo. El vuelo total que se consigue en catorce hiladas es de dos pies, con lo que necesariamente las hiladas arpadas quedan voladas.

En la misma capital aragonesa se encuentra otra chimenea con cornisa de doble hilada arpada volada a serreta por tabla en columnilla, la Fábrica de fibras Petra Crespo (figura 12), de fuste octogonal y base

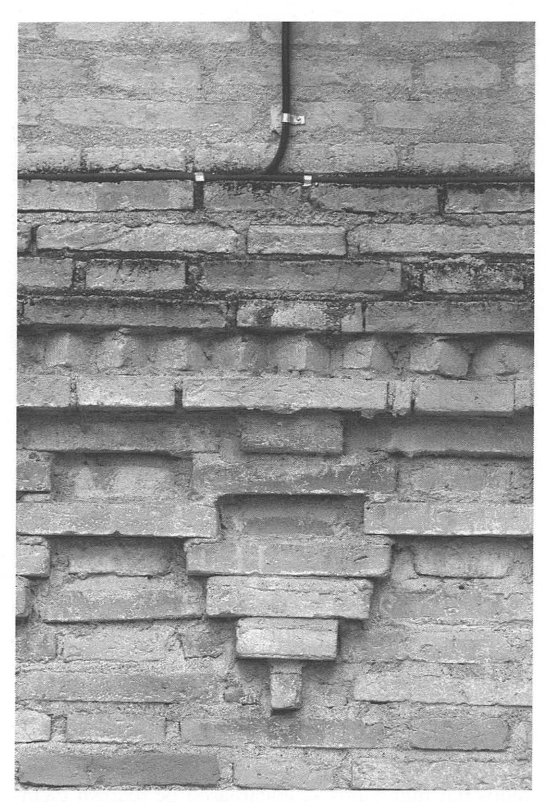


Figura 10
Detalle de cornisa de la fábrica de Vicente Jara, Ceutí - Murcia (foto de la autora 2011)

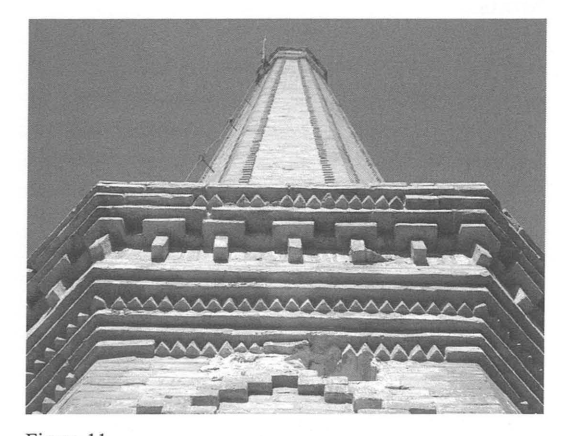


Figura 11
Detalle de cornisa de la Resinera del Carmen, Teruel (foto de la autora 2011)



Figura 12
Esquina de cornisa en Fábrica de fibras Petra Crespo, Teruel (foto de la autora 2011)

cuadrada, cuyo propietario refiere haber escuchado que fue construida por valencianos, ya que existía una gran relación con Enguera, Onteniente y Bocairente por el tema del comercio de trapos. La proyección de la vista en planta de esta cornisa es casi idéntica a la de una destilería de alcohol de 1916 en Magallón (Zaragoza), y se asemeja a la del molino de Corrons en Buñol y también a un caso de banda arpada en columnilla de una fábrica cerámica de Alameda de la Sagra (Toledo), aunque estas últimas con menor vuelo.

Siguiendo en la provincia turolense, en la minera localidad de Utrillas, la chimenea perteneciente a la empresa MFU[1], tal y como reza en el fuste de sección circular de la chimenea, presenta una banda protegida por el vuelo de la hilada superior de tres hiladas de arpado a serreta por tabla a tresbolillo voladas a su vez unos pocos centímetros, en su base cuadrada terminada la esquina con machón. El protagonismo de la cornisa queda relegado por la profusa decoración rombal que manifiesta cada uno de los laterales de la base. Otra chimenea de una localidad cercana, Escucha, de origen minero, también abre paso a su cornisa con una única hilada a serreta por tabla.

También motivos rombales presenta la base de la tejería Tello en Calamocha, aunque lo que verdaderamente transporta a estas páginas es su cornisa con dos motivos arpados diferentes, por una parte el sardinel a serreta enrasado con las hiladas corridas superior e inferior, llevado hasta la misma esquina, y, por otro lado, un arpado a corriente volado, también

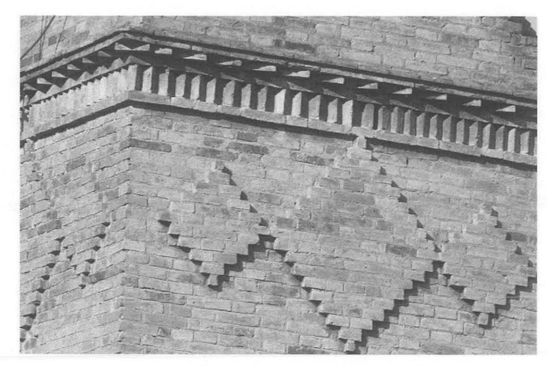


Figura 13
Cornisa y motivo rombal de la base de Tejerías Tello, Calamocha - Teruel (foto de Y. Fortea)

trabajado en la esquina (figura 13), que hasta ahora no se había observado en ninguna otra chimenea.

Sin embargo, es en la Sociedad General Azucarera de Zaragoza donde el dentellado especial sobre banda arpada de cuatro hiladas a serreta por tabla en columnilla y bajo hilada a serreta por tabla alcanza su culmen en vistosidad. Con un ladrillo macizo prensado, con el nombre A. LOPEZ impreso en el reverso del mismo, se desconoce su fecha exacta de construcción.

Conclusiones

El número de cornisas con una sola hilada en arpado es mayor, combinándolas como queda arriba expuesto con dentellados e hiladas corridas. Los murcianos han sido en mayoría los que se han decantado por este tipo de hiladas arpadas, dejando su impronta allende las fronteras de su Comunidad. El aparejo más utilizado por los murcianos ha sido, sin duda, el sardinel, tanto a serreta como a corriente, aunque prevalece el primero.

Por la propia complejidad constructiva del arpado hay una tendencia a eliminar las esquinas. El lugar de la esquina, sea cual fuere la forma de la sección en planta de la base, se trabaja como un pequeño machón con ladrillos colocados a soga y tizón, de manera que la disposición de hiladas arpadas y no arpadas quedan enmarcadas. Este es un caso general del trabajo de los maestros murcianos. Para arpados a serreta por tabla la solución a la que se acude es el mantenimiento del giro en diagonal a 45 º en la esquina, siguiendo la pauta del resto de la hilada.

Se puede decir que en la Comunidad Valenciana los motivos arpados no corresponden a la típica chimenea valenciana dada la escasez de ejemplares, sino a artistas puntuales, que se han imbuido de esta arquitectura de ladrillos de alguna manera. De los artistas alcireños resaltar que el arpado es utilizado mayoritariamente fuera de su tierra natal, en La Mancha y norte de Andalucía, y siempre a serreta, tanto por tabla, como a sardinel.

En muchas chimeneas estudiadas en Aragón se ha encontrado arpado en las cornisas, aunque los fustes fueran octogonales, de clara influencia valenciana. Se da la circunstancia de que la arquitectura mudéjar de ladrillo adquiere gran desarrollo en esta Comunidad.

De la información arrojada se deduce que las más numerosas y ornamentadas impostas arpadas fueron construidas en la provincia de Murcia. Equipos liderados por murcianos se encargaron de realizar ejemplos en tierras valencianas donde existe una mayoritaria utilización del sardinel, sobre todo a serreta

Notas

1. Minas y Ferrocarriles de Utrillas

Lista de referencias

Archivo Municipal de Teruel.

López Patiño, G. 2007. «Chimeneas industriales para una generación de constructores valencianos». *Actas de Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Burgos*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

La construcción tradicional en Ambato - Ecuador, a finales del siglo XIX y principios del XX. La piedra Pishilata

Fabián S. López Ulloa

Las conocidas técnicas constructivas utilizadas durante la colonia española y en la iniciada república del Ecuador, tuvieron un alcance que perduró hasta bien entrado el siglo XX. La construcción tradicional española con materiales como la piedra, el ladrillo, el tapial, el adobe, la madera o la teja, junto a la introducción de sistemas más elásticos, menos rígidos y pesados para dar una mejor respuesta a los continuos movimientos telúricos, fueron una constante en la arquitectura civil y religiosa a lo largo de los siglos coloniales[1], hasta la introducción de nuevas técnicas y modelos arquitectónicos producto de la recuperación económica del país de finales del siglo XIX, patentes más bien en los grandes edificios administrativos e infraestructuras.

La tradicional mano de obra junto a la natural selección de materiales de acuerdo a las zonas geográficas otorgaron a cada ciudad de la sierra ecuatoriana su propia identidad, el carácter de las ciudades coloniales fue, en suma, una consecuencia del sitio natural y de los materiales empleados en su construcción[2], en esta medida la ciudad de Ambato[3], a través del uso de la piedra pishilata, de origen volcánico, más liviana y fácil de trabajar, llegó a tener una característica propia, aunque no fue sino hasta finales del siglo XIX e inicios del XX cuando su uso fue generalizado, reemplazando a los tradicionales muros de adobe y tapial, empleándose tanto como material escuadrado para ser enlucido, como también más pulido para dejarlo visto en algunos edificios representativos (figura 1).



Figura 1
Instituto Simón Bolívar (foto del autor 2004)

Su calidad tuvo una respuesta satisfactoria con las conocidas modernizaciones de fachadas, tan común en las ciudades de la sierra a finales del siglo XIX[4], a través de las cuales se integraba una nueva ornamentación a las sencillas fachadas[5]; así como también para la ejecución completa de nuevos edificios[6] y de las primeras villas del siglo XX en la estrenada ciudad jardín (figura 2). Este cambio permitió a la ciudad de Ambato tener una nueva imagen apenas alterada hasta el terremoto de 1949; el llamado estilo republicano propio de aquella época en la que el país vivió uno de sus mejores momentos, se apropió del centro histórico con el influjo de las corrientes arquitectónicas europeas de ascendiente clásico (figura 3).



Figura 2
Villa del barrio Miraflores (foto del autor 2013)

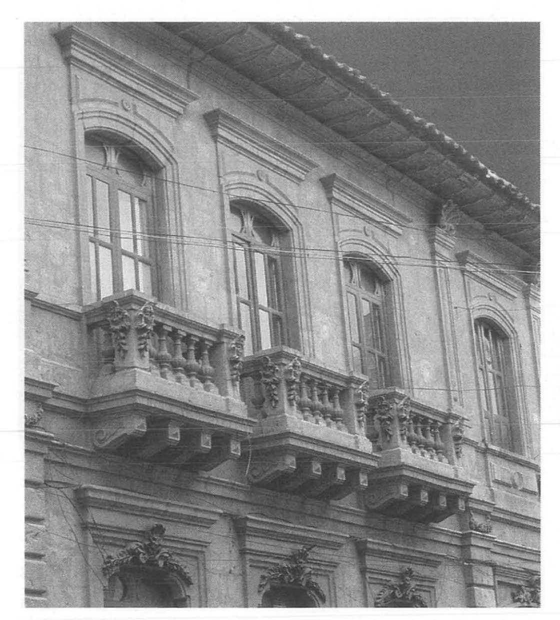


Figura 3
Casa de piedra vista original en la calle Quito (foto del autor 2007)

La presente comunicación pretende dar a conocer el valor constructivo de la piedra pishilata como alternativa local al conjunto de las técnicas vernáculas de la sierra central del Ecuador, recurso que poco se ha estudiado y apenas ha sido valorado, tributando así un reconocimiento a quienes lo forjaron, en aras de fomentar su protección y conservación.

La casa ambateña

A finales del siglo XIX los tipos y materiales de la casa tradicional ambateña pervivían según el modelo de la casa andaluza implantado en la colonia española, organizada con grandes habitaciones en torno a un patio central, adonde se llegaba desde la calle a través de un zaguán normalmente localizado en el centro de la fachada[7], pero ya muy pocas mantenían los traspatios y huertas[8]. Las variaciones de los tipos constructivos como en cualquier ciudad no eran sino el reflejo de las condicionantes de orden social y económico, manifestadas en el tamaño de la parcela, la ubicación de la vivienda y el empleo de los materiales de construcción, así algunas casas más representativas, normalmente en dos alturas y ubicadas en torno a la plaza principal, articuladora del núcleo central, tenían además pórticos de piedra (figura 4).

En éste núcleo, la planta baja se edificaba a nivel de la calle, facilitando la instalación de comercios, mientras que las casas destinadas exclusivamente para vivienda, se construían sobre elevando dicho nivel en torno a cincuenta y cien centímetros, distancia que podía tener notables diferencias y variaciones tipológicas, conforme se construía hacia los desniveles

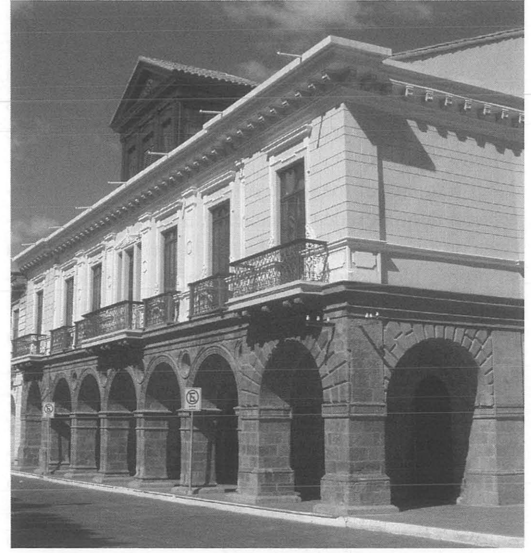


Figura 4
Casas con pórticos de piedra frente al parque Juan Montalvo (foto del autor 2004)



Figura 5
Patio central de la casa del poeta Juan Montalvo (foto del autor 2004)

más pronunciados de la ciudad situados hacia el noroccidente. La elevación del nivel solo se hacía para las habitaciones, el patio mantenía el nivel del terreno y era normalmente empedrado (figura 5).

Las modernizaciones de fachadas de finales del siglo XIX, y los nuevos edificios con un aire afrancesado, le dieron a Ambato, con el uso de la piedra pishilata, un medio original de expresión[9], así, mientras en otros lugares se trabajaba el ladrillo, la piedra pómez o la cangahua, para lograr molduras y frisos, en Ambato se labraba la piedra pishilata, en ambos casos con la finalidad mayoritaria de ser enlucidos con cal y arena[10], debido a su estructura sensible a la humedad (figura 6), salvo algunos edificios representativos trabajados con una calidad de piedra más compacta para poder dejarla vista. El clima templado seco de Ambato coadyuvo a que este tipo de piedra fuera una solución idónea[11]; para los zócalos usualmente se empleó otros tipos de piedra más resistente como la andesita. Pero para los edificios de nueva planta se comenzó también a emplear la piedra pishilata no solo en fachadas sino en muros interiores, optimizando también la disponibilidad del espacio, con una disminución considerable del ancho de los anteriores muros de adobe y tapial de en torno a un metro de ancho por muros cercanos a la mitad de dicho espesor, el esquema de patios y pórticos se siguió manteniendo.

Para el año 1949 cuando la ciudad de Ambato sufrió uno de los mayores terremotos de su historia[12] en su actual asentamiento, el núcleo central de su centro



Figura 6
Degradación del enlucido original en un muro de piedra pishilata en la calle Simón Bolívar (foto del autor 2005)

histórico se encontraba plenamente consolidado con una arquitectura tradicional edificada en más de cien manzanas principales cuyo trazado original en damero no había variado desde que la ciudad fue reubicada en este lugar tras el terremoto de 1698[13], aglutinando los distintos tipos constructivos con bastante regularidad de nivel entre si, al ubicarse sobre un terreno de baja pendiente, flanqueada al suroriente por la loma de Bellavista y por el noroccidente hacia un gran barranco en torno al serpenteante río Ambato.

En el terremoto de 1949, la ciudad no quedó devastada como se suele mencionar (figura 7) «sin embargo, una mínima fisura, un tejado desprendido o un segmento destruido motivaron el derrocamiento de infinidad de edificios, incluidos los muros y la torre de la catedral que había perdido sus bóvedas, provocándose entonces el verdadero desastre. Una mala política de modernidad, generó la planificación de la nueva ciudad, pasando por alto la conservación del Centro Histórico que, con el tiempo, daría paso a la casi total desaparición del antiguo conjunto arquitectónico, con un plan de reordenamiento urbano que incluía el ensanche de las calles, detenido en el tiempo por factores económicos, pero que veinte años después, tomaría fuerza a partir de una corriente es-

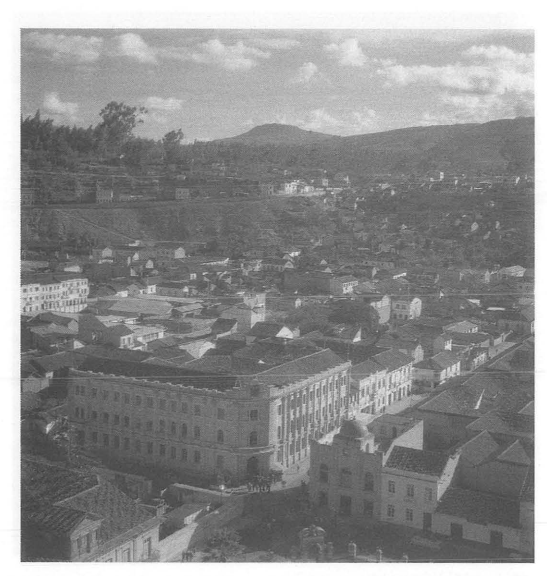


Figura 7
Panorámica de Ambato hacia 1950 (Paredes 2010)

peculativa del suelo»[14]. Apenas en los últimos años se ha tomado conciencia del valor patrimonial de los pocos edificios que han subsistido, lo que ha permitido a través de su intervención, conocer un poco más sobre su historia y sus métodos constructivos.

La introducción de la piedra pishilata

Con una densidad de 1,79 gr/cm^3 y una resistencia a la compresión de 368,60 Kg/cm^2 efectiva para cargas verticales de peso propio (Escorza 2010), la piedra pishilata se adaptó satisfactoriamente a la construcción tradicional de la sierra ecuatoriana, dando una buena respuesta tanto en lo estético como en lo funcional al recurrente problema de los sismos. Esta piedra con origen en los procesos eruptivos del volcán Tungurahua, está catalogada como una toba volcánica en la categoría de rocas ígneas de consistencia ligera y porosa, conformadas por la acumulación de cenizas (Hurtado 2010). Las minas de piedra del sector de Pishilata, que le dieron su nombre, abastecieron por largo tiempo a la industria de la construcción no solo en Ambato sino en su área de influencia, prácticamente todos los cantones de la provincia de Tungurahua de la cual es capital, integraron en su construcción este material, aun en el cantón más alejado, Baños de Agua Santa, en la entrada a la región amazónica, favorecido en su momento por el ferrocarril al Curaray que llegó hasta la cercana ciudad de Pelileo viejo, y que a su paso por Pishilata, en donde se instaló un campamento para su construcción (Fox 1913, 85), obtuvo el respectivo beneficio de una fácil transportación.

El sistema constructivo

En 1771 el padre italiano Mario Cicala[15] a través de su libro sobre la entonces Provincia Jesuítica de Quito, hace una descripción de cómo eran las construcciones de Ambato, los materiales, la distribución y la ornamentación de los espacios, para entonces con predominio de adobe y cubierta de teja, aunque deja señalado que en algunas casas ya se utilizaba la piedra pishilata, habiendo también algunas con parte de adobe y parte de tapias con cubiertas de paja[16], aunque indica que el uso del abobe fue influido por su compañero el padre Maugeri, que instó a los habitantes a que empezaran a fabricar sus casas con adobes (figura 8), ya que hasta entonces casi todas eran de tapias y cubiertas de paja[17]. A su relato se suman las descripcio-

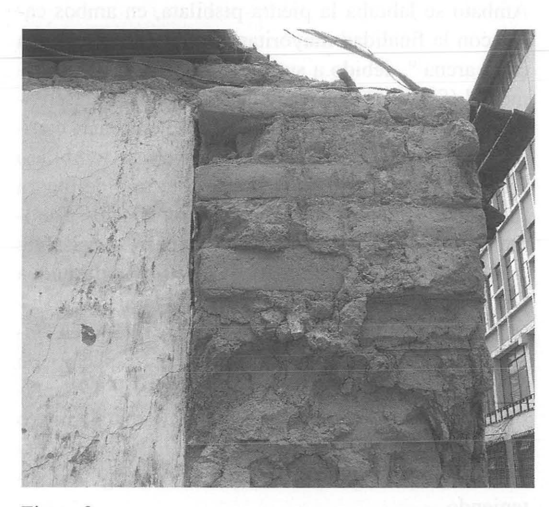


Figura 8
Sección de un muro de adobe de 1 m de ancho, en una casa en proceso de demolición frente a la plaza de la Medalla Milagrosa (foto del autor 2013)

nes de varios viajeros y científicos que siguiendo a los románticos europeos del siglo XIX también recalaron en Ecuador, coincidiendo en resaltar el uso de sistemas constructivos acondicionados para dar una mejor respuesta a los movimientos telúricos.

En la casa ambateña de finales del siglo XIX y principios del XX, prácticamente ya no se usaba ni el tapial ni el adobe. Las paredes perimetrales de la planta baja se realizaban con piedra, es decir, muros soportantes constituidos por dos paramentos de mampostería y un relleno interior de barro y cascotes, pero en las fachadas su uso era completo hasta dos y tres pisos (figura 9). En algunas casas también se usó la piedra para las divisiones internas del primer piso[18], aunque esto fue más común en las que se edificaron a principios del siglo XX, para el resto de paredes en todos los pisos y los hastiales, se usaba el bahareque[19] confinado en los muros envolventes en una estructura general de madera, y en los tabiques internos con chaguarqueros[20], en ambos casos armados con carrizos[21] atados con sogas[22] y relleno de barro mezclado con paja (figuras 10, 11 y 12). En cuanto a la madera fue muy común el uso del aliso, el arrayán o el capulí, y más tarde del eucalipto tras su introducción al país a finales del siglo XX procedente de Australia.

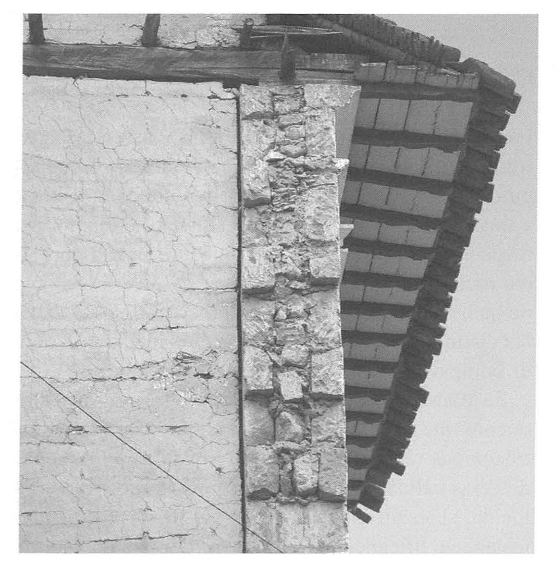


Figura 9
Conformación de un muro de fachada de piedra pishilata (foto del autor 2013)



Figura 10
Muro y hastial de bahareque (foto del autor 2013)

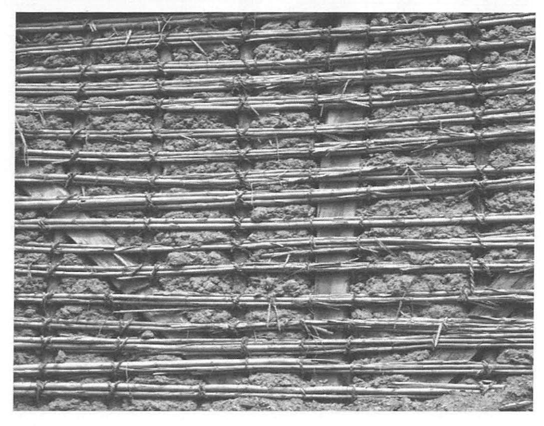


Figura 11
Armado típico de un muro de bahareque aparecido tras una demolición en la calle Maldonado (foto del autor 2013)

Los chaguarqueros, los carrizos y las sogas, también se usaban para armar la base de las cubiertas de teja, de ahí la denominación de enchagllado para referirse a este proceso por el cual, sobre los pares de madera que configuraban la estructura general de la cubierta, se colocaban los chaguarqueros para soportar los entramados de carrizo, en donde se asentaba una cama o torta de barro para finalmente colocar las tejas (figura 13). Los chaguarqueros también se usaban para sostener el tumbado, elaborado también con carrizo y enlucido de barro. Los tumbados más modernos eran de láminas de latón policromado de ori-



Figura 12
Sección orientativa de un armado típico de bahareque en un tabique restaurado del Museo Martínez Holguín (foto del autor 2012)

gen francés, sostenidos a una estructura de tiras de madera que se ataba a la tradicional estructura del techo, este metal se usaba también en los distintos complementos del tumbado como molduras y frisos, y en algunos casos como recubrimiento para zócalos, paredes y columnas[23].

Para las cimentaciones se usaba normalmente otros tipos de piedra más duras e impermeables, como la andesita o la llamada piedra de agua, usualmente obtenida del lecho de los ríos y quebradas, piedra que también se usó como pavimento, tanto en las casas como en las aceras y calles, unas veces en forma natural como piedra bola y otras como adoquín.

Para la estructura general de los pórticos y sus escaleras se usaba la madera, incluyendo los corredores de la planta alta, auque en algunas casas se recurría a sencillas columnas circulares de piedra en la planta baja, las cuales a su vez en las nuevas casas de fina-

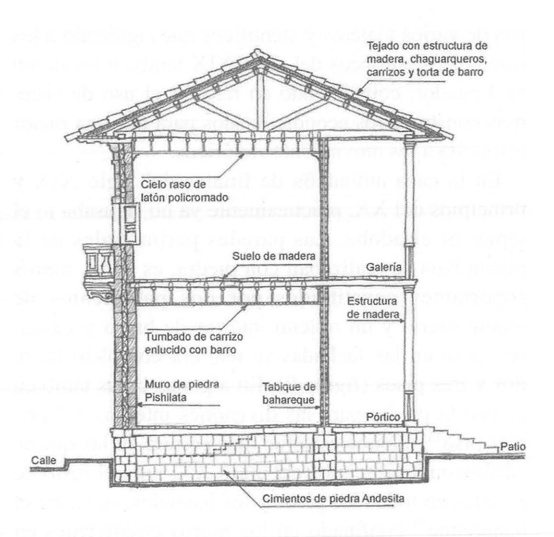


Figura 13
Sección orientativa de una casa tradicional ambateña (dibujo del autor 2013)

les del siglo XX adquirieron variadas formas de acuerdo a los modelos clásicos. Los suelos de los pórticos se pavimentaban con ladrillos o materiales pétreos en varias combinaciones llegando a incluir huesos de animales.

Conclusiones

La utilización de las técnicas vernáculas en la construcción tradicional ambateña ha demostrado que siguiendo el estricto proceso de adaptabilidad al lugar a través del uso de la piedra pishilata, ha tenido una respuesta satisfactoria a los sismos, principal problema natural de la zona. El uso de esta piedra pishilata no ha hecho sino demostrar una respuesta favorable a las distintas condicionantes que se plantean a la hora de compatibilizar la funcionalidad y la estética.

Se plantean cuestionamientos respecto al tratamiento que se está dando en la actualidad a las construcciones realizadas con piedra pishilata, ya que las diversas calidades empleadas sea para ser vista o enlucida, se están tratando por igual desde las mismas instancias oficiales de protección del patrimonio, no pudiendo presumirse que cualquier edificación de piedra pishilata tenga que ser despojada de su enlucido original, aduciendo motivos estéticos o peor aún

falsas presunciones de originalidad, no asegurando para la posteridad su conservación, y menos aún su sentido fundamentalmente estructural.

NOTAS

1. «lo hicieron más como se construía en España que como lo hacían los nativos. Las casas de villas y campos, se levantaron a imagen y semejanza de las de la tierra madre» (Anhalzer 2003, 53).
2. (Hardoy 1983, 318).
3. Ambato es la capital de la provincia de Tungurahua a 2577 metros sobre el nivel del mar. Es un núcleo comercial e industrial con una población de 329.856 habitantes (Censo INEC 2010).
4. «a la casa de infancia, al hogar de sus padres, sustituye ahora una extraña vivienda, con el ornamento que le dieron los nuevos dueños, con la belleza actual que parece ocultar obstinadamente la vida de ayer, ya ajena y desligada» (Arias 1926, 11).
5. «de esta manera se añadieron molduras, cornisas, falsas columnas, balcones con ménsulas y moriscos; así como remates de fachada, eliminando el clásico alero; muchos materiales ya no eran de primera mano, sino productos importados propios para una imponente arquitectura» (López 1996, 89).
6. El presidente Gabriel García Moreno dio inicio a una de las etapas más significativas en el desarrollo del Ecuador en el último tercio del siglo XIX, teniendo a Quito como centro neurálgico de los avances técnicos y científicos para cuyo desarrollo se contrató a varios profesionales extranjeros, y que pronto se irradió a toda la república. «En esta época se asistió en la capital ecuatoriana a un verdadero renacimiento constructivo con la edificación de la Penitenciaría, el Puente y el Túnel de la Paz (diseñados por Reed), el Observatorio Astronómico (dirigido por los padres Menten y Dressel), la Escuela de Artes y Oficios planteada por Schmidt, además de varios palacetes privados, como el del propio García Moreno con proyecto del ingeniero francés Sebastian Wisse, el del hacendado Salvador Ordóñez y el Hotel Paris, obras dirigidas por Reed, o el de la familia León bajo diseño de Elbert» (Fernández 2006, 113).
7. «La casa americana era la andaluza; no la árabe, sino la ducal parecida a la de la Roma antigua. La prueba está en el mismo zaguán de entrada, que no se presentaba en ángulo, como en la casa mora, sino en línea recta, dejando ver el patio desde la calle por la puerta de entrada» (Navarro 1960, 7).
8. «Ministros regios, caballeros y Sacerdotes venían de Quito para pasar sus vacaciones en Ambato donde además de las huertas y jardines que hay en todas las casas, es decir, dentro de la misma ciudad, los hay también fuera de ella, en los alrededores, por lo que toda la ciudad parece una deliciosa villa de campo entre una floresta muy amena verde y florida de árboles frutales y de jardines siempre florecidos» (Cicala [1771] 1994, 354).
9. Las anteriores fachadas eran predominantemente llanas y apenas tenían los huecos necesarios para las puertas y ventanas, teniendo solo en los portales, un medio para expresar la importancia de su propietario. Una de las pocas casas de tapial que se mantienen es la del afamado escritor ecuatoriano del siglo XIX, Juan Montalvo, restaurada y conservada en dos ocasiones.
10. Es lamentable que en la actualidad se quite el enlucido de las fachadas de algunos edificios, para que se vea la piedra, aduciendo motivos estéticos y que en la práctica nada ayudan a su conservación, siendo evidente además, en los edificios donde se lo ha realizado, que la disposición del aparejo no corresponde precisamente a un trabajo que se haya pretendido dejarlo visto. Con esta actividad no solo se está acelerando el deterioro de la piedra, sino que además se está perdiendo el testimonio de su enlucido original, junto con su acabado de textura y color con elementos figurativos muchas veces ocultos tras varias capas de pintura a lo largo del tiempo, y que es lo que verdaderamente se debería recuperar, en un trabajo profesional de intervención patrimonial.
11. La piedra vista de algunos edificios ha llegado a presentar disgregaciones y descamaciones, un ejemplo lo constituyo la recientemente restaurada fachada de la escuela La Providencia, o el antiguo colegio Juan Montalvo de la calle Simón Bolívar, que finalmente fue derrocado.
12. El terremoto de 6,8 grados en la escala Richter afectó a gran parte de la sierra central del Ecuador, incluida la ciudad de Ambato, cuya iglesia matriz perdió sus bóvedas y parte de su frontón.
13. El terremoto y posterior alud de 1698 arrasó la ciudad en su antigua ubicación, localizada en la parte baja del actual asentamiento, a orillas del río Ambato.
14. (López, 2004, 58).
15. El padre jesuita Mario Cicala vivió en Ambato por más de doce años, siendo procurador de la recién fundada residencia de Ambato, el libro sobre la Provincia de Quito lo publicó en Italia, tras la expulsión de los jesuitas ordenada por el rey Carlos III en 1767 (Cicala, [1771] 1994).
16. «casi todas las casas de la ciudad (y en el centro absolutamente todas), son construidas de adobe con sus techos cubiertos de teja: todas son bajas a causa de los frecuentes terremotos y en cuadro perfecto con el patio en medio y con pórticos y corredores al derredor del patio...En la calle real...la mayor parte son de piedra llamada de *pishilata* labrada con cinceles a manera de

dedos, con mas de un palmo por cada lado, y con barro (de tierra negra mezclada con tierra amarilla), en vez de cal» (Cicala, [1771] 1994, 355).

17. (Cicala, [1771] 1994, 355).
18. En estos casos los muros de menor espesor apenas tenían relleno.
19. El bahareque como forma de cerramiento en los hastiales es una característica propia de las casas ambateñas.
20. «*chaguarqueros, chabarqueros o mantaqueros* (que son los tallos largos de la flor de la cabuya)» (Navarro 1960, 5)
21. El carrizo fue traído por los españoles y ha tenido diversos usos en la construcción tradicional de la sierra ecuatoriana, tanto para la arquitectura civil en tabiques, tumbados y techos, como para la religiosa por ejemplo para falsas bóvedas, permitiendo una respuesta más satisfactoria a los movimientos telúricos.
22. Cuerda hecha de cáñamo proveniente de la cabuya o pita, planta común de la sierra ecuatoriana.
23. Este recurso decorativo fue muy difundido en el Ecuador de entonces, véase por ejemplo lo que se dice sobre el afrancesamiento de Cuenca en la época republicana (Espinosa 2002).

Lista de referencias

Anhalzer, Jorge Juan. 2003. *La casa de hacienda. Andes septentrionales del Ecuador*. Quito: Guías de Montaña.

Arias, Augusto. 1926. *El Elogio de Ambato*. Quito: Talleres Nacionales.

Bravo, Julián. 2005. «La obra del P. Mario Cicala, SJ». *Jesuitas del Ecuador Noticias*. Nro. Abril.

Cicala, Mario. 1994. *Descripción Histórico-Topográfica de la Provincia de Quito de La Compañía de Jesús*. Traducido por Julián Bravo. Quito: Biblioteca Ecuatoriana «Aurelio Espinosa Pólit» - Instituto Geográfico Militar.

Escorza, Giovanni. 2010. *Consideraciones estructurales de la piedra pishilata como material constructivo*. Quito: INPC R3.

Espinosa Abad, Pedro y María Isabel Calle Molina. 2002. *La Cité Cuencana, El afrancesamiento de Cuenca en la época republicana (1860-1940)*. Cuenca: Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

Espinosa Apolo Manuel y María Páez (ed.). 1996. *Quito Según Los Extranjeros: la ciudad, su paisaje, gentes y costumbres observadas por los visitantes extranjeros. Siglos XVI-XX*. Quito: Centro de Estudios Felipe Guamán Poma.

Fernández García, Ana María. 2006. *Arte y artistas españoles en el Ecuador*. Oviedo: Universidad de Oviedo.

FONSAL. 2005. *Seminario taller técnicas vernáculas en la restauración del patrimonio*. Quito: MDMQ, FONSAL.

Fox, Walter G. 1913. «Carta al Ministro de Obras Públicas». *Ferrocarril al Curaray, libro de correspondencias en el año 1913*. Manuscrito.

Hardoy, Jorge. 1983. «La forma de las ciudades coloniales». *Estudios sobre la ciudad iberoamericana*. Madrid: CSIC - Instituto Gonzalo Fernández de Oviedo.

Hurtado Vázquez, Diego. 2010. *Estudio de la piedra como material constructivo en las edificaciones patrimoniales en Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo. Informe Final*. Quito: INPC R3.

Lara, A. Dari_o. 1972. *Viajeros franceses al Ecuador en el siglo XIX*. Quito: Casa de la Cultura Ecuatoriana.

López Ulloa, Fabián S. 2004. «Ecuador Legislación Patrimonial». *Areté Documenta*. Patrimonio Cultural Iberoamericano I.

López Ulloa, Fabián S. 1996. «Del azul añil y blanco al abanico de colores». *El Fondo de Salvamento del Patrimonio Cultural 1992 - 1996*. Quito: DMQ, FONSAL.

Navarro, José Gabriel. 1960. *El Arte en la provincia de Quito*. México: Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Ordóñez Cordero, Juan (ed.). 2003. *Casa ecuatoriana*. Quito: MDMQ, ECH, Fundación Caspicara.

Paredes Cevallos, José. 2010. *Imágenes Ambato fotografías de José Paredes Cevallos*. Quito: Consejo Nacional de Cultura.

Toscano, Humberto (ed.). 1959. *El Ecuador visto por los extranjeros: viajeros de los siglos XVIII y XIX*. Puebla: Cajica.

Solano, Francisco de (ed.). 1983. *Estudios sobre la ciudad iberoamericana*. Madrid: CSIC - Instituto Gonzalo Fernández de Oviedo.

Notas históricas sobre el estudio del rozamiento en obras de fábrica

Fernando Magdalena

La evaluación de la seguridad de las estructuras antiguas de fábrica es un problema difícil debido a la naturaleza del material. A mediados del siglo XX, Kooharian (1952) demostró que bajo determinadas condiciones el Análisis Límite era aplicable a este tipo de estructuras. Sin embargo, Drucker (1953) puntualizó que, en los casos en que es necesario considerar la intervención del rozamiento y éste es finito, existen limitaciones a su aplicación. El objeto de las páginas que siguen es intentar aclarar en qué consisten estas limitaciones y entender por qué unas leyes de rozamiento, que a los efectos que interesan en edificación, han permanecido casi inalteradas durante el último medio milenio, han resultado tan difíciles de manejar.

El rozamiento, uno de los fenómenos conocidos desde más antiguo en la historia de la humanidad, es sorprendente. Una pormenorizada descripción de las etapas fundamentales en el estudio del rozamiento puede encontrarse en el extenso tratado clásico de Dowson (1979). El interés práctico por el rozamiento se remonta a los albores de la civilización. Ya en la edad de piedra, el calor producido al frotar dos palos era utilizado para crear fuego. Experiencias con las difíciles condiciones de escaso rozamiento del hielo y la nieve o de elevado rozamiento en el arrastre de objetos pesados llevaron a diversas invenciones tecnológicas.

Algunos de los primeros testimonios documentales de la consideración de los efectos del rozamiento datan del antiguo Egipto (figura 1). Para reducir el rozamiento, un operario vierte agua en frente de un trineo tirado por cientos de egipcios, sobre el que se transporta un coloso.

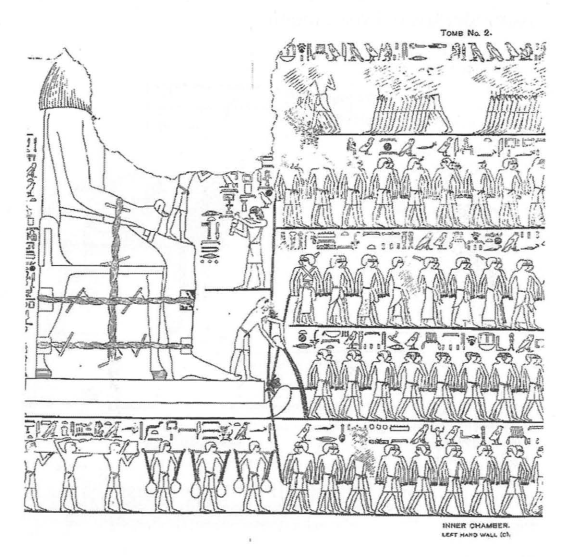


Figura 1
The tomb of Tehuti-Hetep (Newberry 1895)

Estos intentos de evitar los efectos perniciosos del rozamiento han seguido a lo largo de toda la historia de la tecnología, pero hay que esperar al renacimiento para encontrar las primeras referencias teóricas al

rozamiento entre sólidos tal como lo entendemos en la actualidad.

LAS LEYES CLÁSICAS DE ROZAMIENTO ENTRE SÓLIDOS: EL ROZAMIENTO SECO O DE COULOMB

En edificación, para el análisis de la estabilidad de las construcciones, estamos interesados ante todo en el rozamiento por deslizamiento entre sólidos y en especial el rozamiento seco, no lubricado, o de Coulomb.

En su Historia de la Mecánica, Dugas (1957, 322) escribe: «La mecánica del rozamiento nació de algunos experimentos de física en el siglo XVII y, a continuación, con un fin eminentemente práctico, fue sistematizada por Coulomb, pero, en aquel entonces, se mantuvo vinculada a la práctica común de la ingeniería, mientras que la mecánica racional se desarrolló, sin tener en cuenta el rozamiento, en el campo matemático». A pesar de lo dicho por Dugas, fue Leonardo Da Vinci quien presentó los primeros conceptos modernos del rozamiento.

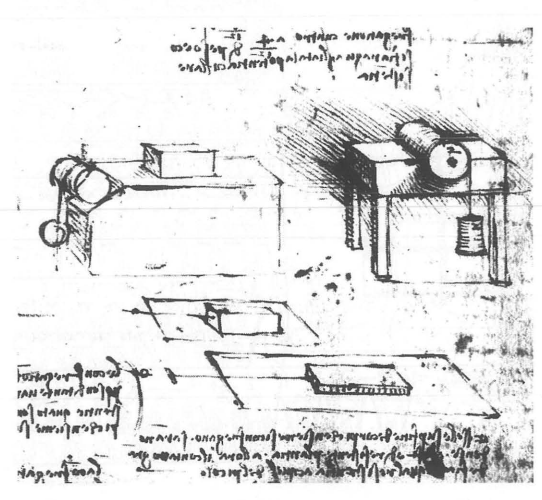


Figura 2
Diferentes ensayos de rozamiento de Leonardo (Da Vinci, L. 1480-1518)

Él encontró la dependencia respecto de la carga y la independencia respecto del área de contacto geométrica. Las dos leyes de rozamiento debidas a Leonardo son:

- El rozamiento provocado por el mismo peso opondrá igual resistencia al inicio de su movimiento aunque el contacto sea de diferente largo y ancho.
- El rozamiento produce doble cantidad de esfuerzo si se duplica el peso.

Definió el coeficiente de rozamiento como la relación entre el rozamiento y la masa a deslizar, y experimentalmente encontró un coeficiente de rozamiento universal de 0.25 independiente del material. Más tarde, Amontons (1699a, 206-227) redescubrió y amplió las observaciones de Da Vinci.

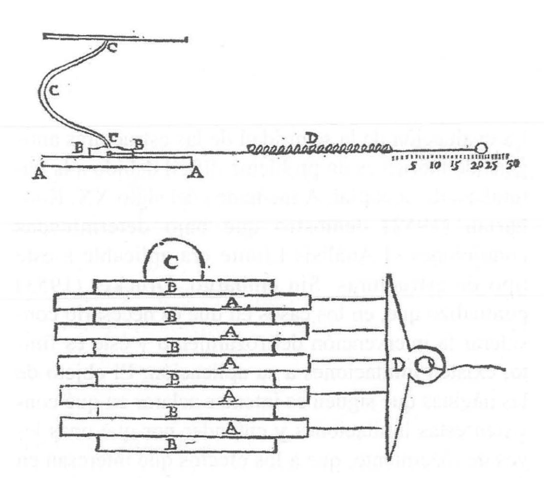


Figura 3
Aparato empleado para medir el rozamiento y ensayo entre múltiples placas (Amontons 1699a)

Actualmente, las llamadas leyes de Da Vinci-Amontons se resumen en:

- La resistencia causada por el roce sólo crece o disminuye en proporción a la mayor o menor presión (carga) y no a la mayor o menor dimensión de las superficies.
- La resistencia causada por el roce es más o menos la misma para hierro, plomo, cobre o madera en cualquier combinación si la superficie está cubierta con grasa de cerdo.
- La resistencia es más o menos igual a un tercio de la presión (carga).

Como Leonardo, también Amontons creía en la existencia de un coeficiente universal de rozamiento, de valor 0.33.

A propósito de Amontons, Heyman (1976) escribe: «En particular, la Académie estaba obsesionada con el concepto de rozamiento; la Memoire básica de Amontons de 1699 había «causado un cierto asombro» y a lo largo del siglo siguiente, se publicaron trabajos tratando de dichos problemas...»

La discusión mantenida en la Academia bajo el título de «Sur les frottemens des machines» (Amontons 1699b, 104-109) se desarrolló en los siguientes términos: «En el discurso pronunciado por M. Amontons...él avanzó solamente de pasada, que es un error creer, como se hace comúnmente, que el rozamiento de dos cuerpos que se mueven aplicándose el uno contra el otro sea mayor cuando las superficies que rozan son mayores. Dijo, que había comprobado por experimentos que el rozamiento sólo aumenta según que los cuerpos estén más presionados el uno contra el otro y cargados de un mayor peso. Esta novedad causó tal asombro a la Academia que M. de la Hire comprobó de inmediato el experimento... Quedando demostrados estos hechos, M. de la Hire aplicó enseguida el razonamiento Físico. La resistencia que, dos cuerpos que rozan conjuntamente, experimentan el uno sobre el otro viene de la que las partes que erizan su superficie, deben, si son flexibles, curvarse y doblarse, o, si son duras, engancharse y desengancharse unas dentro de las otras». Sigue una interesante disquisición sobre el tema que muestra que al finalizar el siglo XVII ya estaban planteados, aunque no resueltos, gran parte de los temas de estudio del rozamiento entre sólidos, al menos de los fenómenos que afectan al proceso constructivo: un modelo con interfaz elástico con indentaciones, el germen de los conceptos de dilatancia y de rozamiento asociativo, y el fenómeno del desgaste.

En su Tratado de Mecánica, el citado De La Hire (1729) trata en repetidas ocasiones del rozamiento (y de como mantenerlo lo más reducido posible) en máquinas y, poco después, Belidor (1737) en su Arquitectura Hidráulica propone, además de diferentes ensayos de rozamiento semejantes a los de Amontons, un modelo de asperezas tridimensionales basados en esferas (figura 4). Estos modelos ya eran comunes en los análisis de empujes de tierras, por ejemplo el de Bullet en 1691 (Heyman 1976).

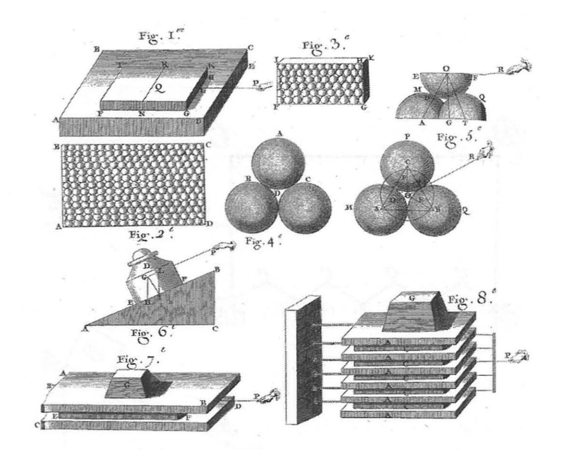


Figura 4
Modelos tridimensionales de asperezas y diferentes ensayos (Belidor 1737)

Otra explicación sobre el origen del rozamiento, diferente a la de las asperezas, había sido dada por Désaguliers (1734 1: 10-16) que tomó en consideración la atracción de cohesión, la cual es más fuerte cuanto mayor sea el contacto. Sin embargo, la adhesión molecular se sabe que es proporcional al área de contacto, mientras que el rozamiento es independiente de su área aparente.

Euler (1748a, 1748b) tomó en consideración los experimentos de Leonardo, de bloques deslizando sobre un plano inclinado, y estudió teóricamente el mecanismo de deslizamiento de un bloque. Adoptó como causa de la resistencia por rozamiento el modelo de asperezas rígidas interbloqueadas o indentaciones, y ligó la geometría de estas indentaciones con el ángulo de rozamiento (figura 5).

Euler asumió que la fuerza de rozamiento proviene, en este caso, de las fuerzas gravitacionales intentando minimizar la energía potencial del bloque. Señaló que el ángulo típico de indentación de la superficie desde el punto de vista macroscópico está relacionado con el coeficiente de rozamiento por la fórmula $\mu = \tan \Phi$. Determinó esta relación entre el coeficiente de rozamiento y el ángulo para el cual comienza a producirse el deslizamiento y, dado que los hechos experimentales demostraban que el deslizamiento comienza relativamente rápido contrariamente a lo que predecía la teoría, distinguió por primera vez entre rozamiento estático y dinámico. Para el co-

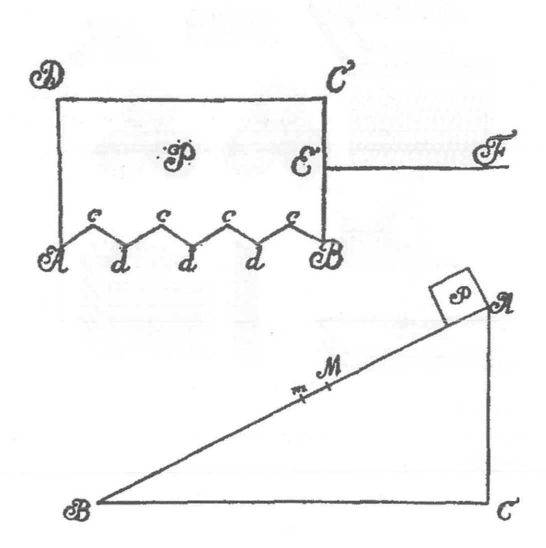


Figura 5
Modelo de rozamiento (Euler 1748a)

eficiente de rozamiento estático siguió manejando la relación 1:3 propuesta por Amontons.

Con el modelo de Euler quedan ligadas las determinaciones estáticas y cinemáticas, y en fecha tan temprana ya se dispone de todos los elementos esenciales para la formulación de un modelo geométrico de lo que hoy llamamos rozamiento asociativo. La formulación definitiva del rozamiento seco, a nivel macroscópico, se la debemos a Coulomb (1779) que ha dado su nombre a este tipo de rozamiento.

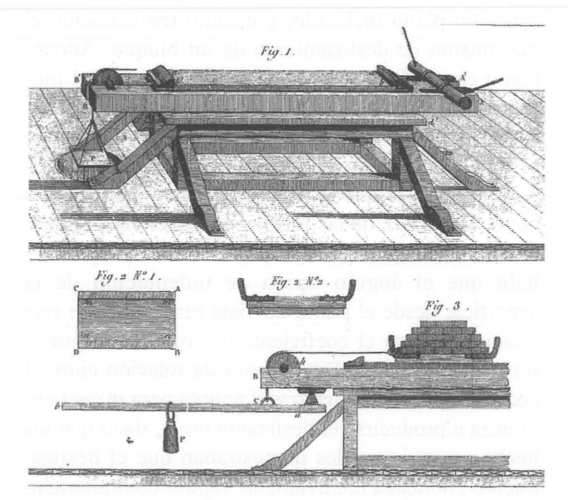


Figura 6
Ensayos de rozamiento (Coulomb 1779)

En sus detallados experimentos Coulomb obtuvo los siguientes resultados:

- Para madera deslizando sobre madera en condiciones secas, el rozamiento crece inicialmente pero rápidamente alcanza un máximo. La fuerza de rozamiento es esencialmente proporcional a la carga.
- Para madera deslizando sobre madera la fuerza de rozamiento es esencialmente proporcional a la carga a cualquier velocidad, pero el rozamiento dinámico es mucho menor que el estático para largos periodos de reposo.
- Para metales deslizando sobre metales, sin lubricación, la fuerza de rozamiento es esencialmente proporcional a la carga y no hay diferencia entre rozamiento estático y dinámico.
- Para metales sobre madera en condiciones secas, el rozamiento estático crece muy lentamente con el tiempo de reposo y puede tardar cuatro, cinco o incluso más días en alcanzar su límite. Con metal sobre metal el límite es alcanzado casi inmediatamente y con madera sobre madera tarda sólo uno o dos minutos. Para madera sobre madera o metal sobre metal, en condiciones secas, la velocidad tiene muy poco efecto sobre el rozamiento dinámico, pero en el caso de madera sobre metal el rozamiento dinámico crece con la velocidad.

La segunda parte de esta cuarta ley es hoy conocida como ley de Coulomb, ya que él encontró que la fricción seca es independiente de la velocidad. Por otra parte descubrió que el valor del coeficiente de rozamiento depende de la duración del contacto. Se ha tenido que llegar a finales del siglo XX, con la investigación del rozamiento a nivel atómico, para empezar a comprender los orígenes últimos de estas fuerzas de rozamiento para las cuales Coulomb volvió a sugerir que la rugosidad era su responsable.

En los años posteriores se realizaron nuevos experimentos en la misma línea iniciada por Coulomb: en Inglaterra (Rennie 1829) y sobre todo en Francia (Morin 1831-1834), depurando poco a poco los pro-

cedimientos y los aparatos de medición empleados, figura 7.

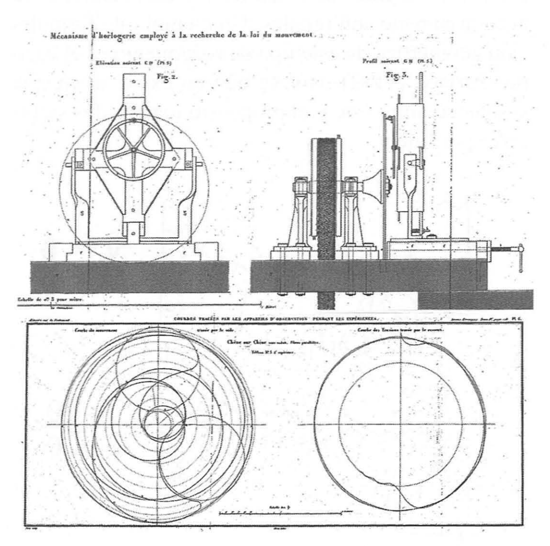


Figura 7
Aparato de registro y un ejemplo de registro (Morin 1834)

Llegados a este punto ya se habían enunciado y comprobado experimentalmente las tres leyes de rozamiento de Leonardo - Amontons - Coulomb, que se pueden formular:

- Las fuerzas de rozamiento son independientes del área aparente de contacto.
- Las fuerzas de rozamiento son proporcionales a la carga (normal) aplicada. La relación entre ambas es llamada coeficiente de rozamiento.
- Las fuerzas de rozamiento dinámico son independientes de la velocidad.

A pesar de la sencillez de las leyes empleadas, a finales del XIX se mostró la inconsistencia de los problemas que incluyen deslizamiento, los cuales pueden no tener solución o tener múltiples soluciones (Painlevé 1895).

Hay que señalar, antes de concluir este brevísimo repaso, que pasaron cerca de 200 años desde que empezó la controversia entre asperezas y cohesión hasta que se resolvió. Alrededor de 1950 se publica The Friction and Lubrication of Solids (Bowden y Tabor 1950), los autores realizaron experimentos sistemáticos que mostraron que el contacto de un cuerpo macroscópico está formado por un número de pequeñas asperezas, por lo tanto, hubo que introducir otra área de contacto, el área real o efectiva. Este nuevo concepto tuvo un gran éxito y es la base de muchos de los actuales estudios tribológicos. Esencialmente, el modelo de Bowden-Tabor establece que el rozamiento es proporcional a la superficie real de contacto. La constante de proporcionalidad se denomina resistencia al corte y se relaciona con algunas propiedades intrínsecas de la interfaz.

Esta diferencia entre superficie de contacto aparente y superficie de contacto efectiva es fundamental para la comprensión de como determinadas analogías geométricas no pueden llevarse al extremo. Por otro lado, hay que tener en cuenta que el hecho de que considerar los cuerpos rígidos para estudiar un problema de contacto puede ser razonable en términos generales, pero no lo es considerar que la superficie de contacto y sus asperezas son igualmente rígidas e indeformables. Investigaciones en la segunda mitad del siglo XX y principios del XXI han mostrado que el área real de contacto entre superficies rugosas es aproximadamente proporcional a la fuerza normal ejercida entre ellas, mientras que las condiciones en los micro-contactos individuales: presión, tamaño del micro-contacto... dependen sólo muy débilmente de la fuerza normal (Popov 2010, 5).

Un «nuevo» modelo: el rozamiento asociativo

Para Kooharian, citado al comienzo, el agotamiento de una sección de un arco sólo puede producirse por excentricidad excesiva de las fuerzas actuantes entre las caras de las dovelas y la correspondiente formación de una «rótula plástica». No considera las posibilidades del fallo por «corte plástico» o por deslizamiento entre dovelas. Drucker (1953) escribe un corto artículo con el objetivo de diferenciar estos dos últimos casos. Pretende, según sus propias palabras, prestar una atención adicional a la un tanto sutil, pero extremadamente importante, diferencia entre el rozamiento de Coulomb y la, aparentemente correspondiente, resistencia a la deformación plástica. Para ejemplificar la imposibilidad de esta identificación plantea un ejemplo, figura 8, en el que una vez colocado sin ningún esfuerzo un pequeño bloque rígido

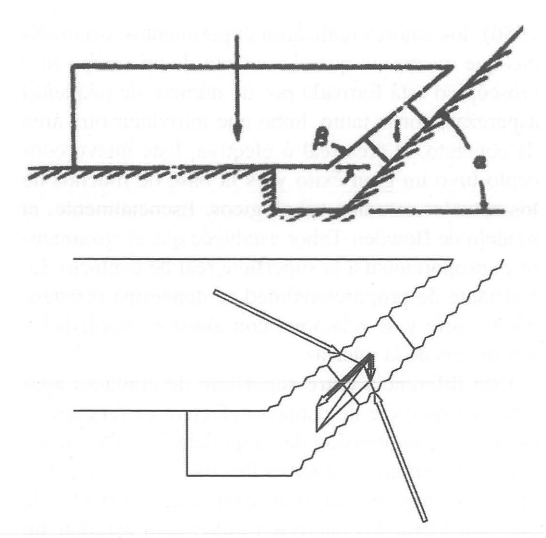


Figura 8
Contraejemplo de comportamiento asociativo (Drucker 1953)

entre otro mayor y un plano inclinado, y soportado exclusivamente por las reacciones, incluyendo rozamiento, es imposible sacarlo por mucha fuerza que se aplique.

Observando la parte inferior de la figura, en la que se ha superpuesto la regla geométrica de rozamiento de Euler al diagrama de cuerpo libre, se aprecia que es imposible sacar el bloque en tanto se acepte la hipótesis de cuerpos rígidos con indentaciones rígidas e irrompibles, dado que a la acción de extracción tan grande como se desee se opondrán reacciones perpendiculares a las indentaciones tan grandes como sea necesario. Una observación más detallada permite concluir que en este caso tampoco hubiera sido posible colocar en su lugar el bloque sin esfuerzo, pero siempre podríamos argumentar que el pequeño bloque se ha colocado antes del gran bloque que de este modo lo mantiene en su sitio gracias a la reacción ejercida. Este segundo comportamiento es el que se va a conocer en adelante como rozamiento asociativo, que sí es asimilable al «corte plástico». Este rozamiento asociativo, que en esencia no es más que una generalización de la regla de rozamiento geométrico de Euler, es aquel en el que el ángulo de deslizamiento respecto a la cara de contacto es igual al ángulo de rozamiento respecto a la normal. Este fenómeno de separación al deslizar es conocido como dilatancia, y sucede realmente en medios granulares, aunque los ángulos de rozamiento y deslizamiento no necesariamente son iguales. Un ejemplo de formulación geométrica de este tipo de rozamiento es el dado por Parland (1982). Nótese que no existe diferencia sustancial entre éste y el propuesto más de dos siglos antes por Euler.

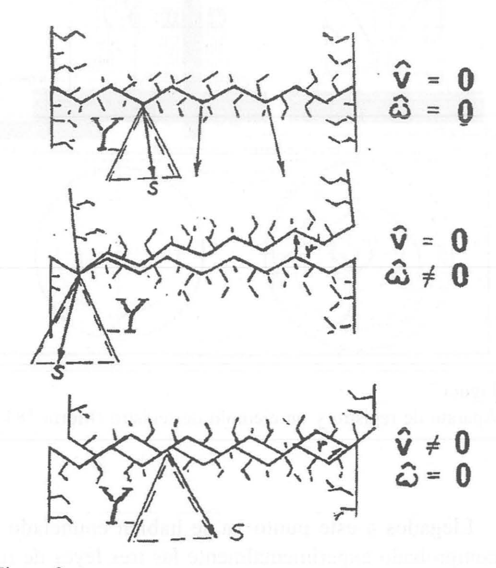


Figura 9
Modelo de rozamiento (Parland 1982)

A nivel macroscópico, y para rozamiento entre sólidos, este comportamiento es claramente incorrecto en el caso de rozamiento finito y, sin embargo, es el que se está empleando de modo implícito cada vez que se realiza un análisis por el método del equilibrio, teorema estático, que incluya restricciones de rozamiento. Además del caso del rozamiento asociativo, Drucker señala otros dos casos en los que sí son aplicables los teoremas del Análisis Límite Estándar, aquellos en que el deslizamiento está impedido y aquellos en que no existe rozamiento. En el fondo estos dos últimos pueden interpretarse como casos particulares del primero, cuando los ángulos de rozamiento y deslizamiento son 90º, o sea resistencia por rozamiento ilimitada y separación sin deslizamiento, o ambos son 0º, ninguna resistencia por rozamiento y deslizamiento según la cara de contacto.

Heyman (1966) hace un uso intensivo y magistral de los dos últimos casos, incluyendo la imposibilidad del deslizamiento como la tercera hipótesis para su material, y empleando la hipótesis de rozamiento nulo en algunos de sus modelos tridimensionales, como el análisis de cúpulas mediante gajos. En éste, desprecia la resistencia a tracción de las fábricas aparejadas en dirección perpendicular a las compresiones o «tenacidad friccional» (Rankine 1981, 222).

Debe señalarse que los modelos de Heyman son seguros, pero no puede decirse lo mismo de otros autores que han tomado las mismas hipótesis pero sin aplicar el profundo conocimiento que hay detrás de ellas. Especialmente peligrosos son los casos en que se adopta la hipótesis de rozamiento impedido, sin que la realidad constructiva lo justifique, y se aplica a la obtención de un máximo del factor de carga.

En tal caso, después de manifestar tales prevenciones ¿qué justifica seguir utilizando esta ley de rozamiento?. El motivo es muy poderoso, en caso de que el deslizamiento no esté impedido desde el propio procedimiento constructivo, es necesario que el rozamiento sea asociativo para que se cumpla la «regla de normalidad», que es la que permite la demostración de los Teoremas Límites. Si esta regla se cumple es posible estudiar separadamente sólo una formulación estática o sólo una formulación cinemática. Esto es fácil de comprender de modo intuitivo retornando de nuevo al modelo de Euler: al estar indefectiblemente ligadas, a través de la geometría del contacto, las determinaciones estáticas y cinemáticas, es indiferente trabajar con unas u otras. Por tanto, en aquellos campos en que era imposible ignorar la aportación del rozamiento y este no seguía una ley asociativa, como la Mecánica de Suelos, se iniciaron una serie de intentos de convertir el problema original en un problema equivalente pero con rozamiento asociativo.

INTENTOS DE VUELTA A LA NORMALIDAD: LA SUPERFICIE G

El conjunto de todas las condiciones estáticas define un volumen en el que todos sus puntos cumplen las condiciones. A la superficie envolvente de este volumen se le llama superficie de cedencia. Todos los puntos en esta superficie representan soluciones estáticas límites. Si las deformaciones elementales, correspondientes a cada una de éstas, son perpendiculares a la superficie en el punto que corresponde a la solución límite, se dice que se cumple la regla de normalidad.

El cumplimiento de la regla de la normalidad permite demostrar, de modo simple, el principio de trabajo máximo (figura 10.1) y por ende los teoremas del Análisis Límite Estándar. Íntimamente ligada a esta demostración, se puede formular un procedimiento constructivo de la superficie de cedencia de un material «sustituto» que sí cumple la citada regla, figuras 10.2 y 10.3. Debido al procedimiento de construcción, esta nueva superficie es convexa e interior a la original, recibe el nombre de superficie G y representa un material que sí cumple la regla de la normalidad y cuyas características resistentes son inferiores a las del original, pues su superficie de cedencia está contenida en la del original. Por tanto, la utilización de este material «sustituto» da soluciones seguras respecto del original.

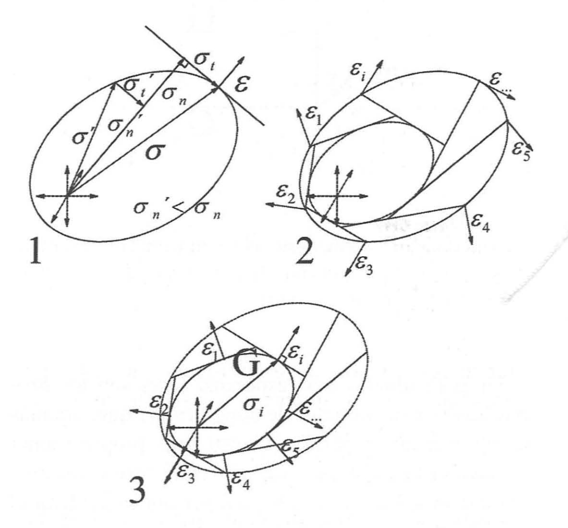


Figura 10
Regla de la normalidad y construcción de la superficie G

Una de las primeras propuestas de un material de este tipo es debida a Radenkovic (1961), la formulación del procedimiento constructivo puede encontrarse en Palmer (1966) y un refinamiento del citado procedimiento en Sacchi y Save (1968). Pudiera pen-

sarse que esto permitiría el hallazgo de una solución segura, aunque menos resistente que la real. En el caso de los materiales no estándar con dilatancia así es. En el caso de las fábricas que tienen dilatancia nula los resultados obtenidos no son de ninguna utilidad. De hecho, el procedimiento constructivo lleva a la obtención de un material «sustituto» sin rozamiento (figura 11.2), con lo cual se vuelve a uno de los tres teoremas de Drucker.

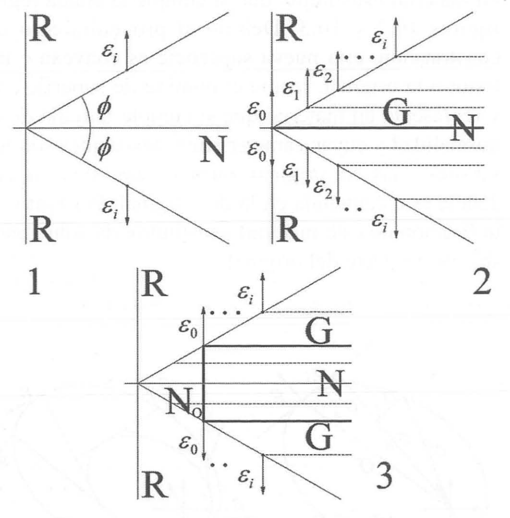


Figura 11
La superficie de cedencia para el rozamiento (1), la superficie G en fábricas en general (2) y en el caso de un valor de compresión N0 garantizado (3)

Unos resultados más esperanzadores son los propuestos por de Josselin de Jong (1964) que, además de obtener una superficie de este tipo, propone tener en cuenta la existencia de una compresión mínima garantizada, figura 11.3, lo cual permite considerar el correspondiente rozamiento. De este modo, se traslada la dificultad del problema a cómo garantizar la citada compresión, cuestión tan difícil en el caso general como la anterior pero que permite identificar la verdadera naturaleza del problema: al depender el rozamiento en cada punto de las compresiones, la misma redistribución de esfuerzos, que hace tan estable a la estructura respecto del vuelco local, la hace tremendamente vulnerable al deslizamiento local. De ahí el empeño, ampliamente documentado a través de la literatura, en ejecutar soluciones constructivas que impidan el deslizamiento.

EPÍLOGO: EL CASO LIVESLEY

Cuando el deslizamiento no está impedido, la única forma en que puede resolverse de modo general el problema es planteándolo en su integridad. No se pueden tratar de modo separado la formulación estática y cinemática, sino que deben de tratarse conjuntamente e incorporando algún tipo de relación entre ellas.

Aun cuando el conocimiento de la existencia del problema y los conceptos básicos para su resolución estaban al menos apuntados desde mediados del mismo siglo, los primeros intentos de resolver el problema en su forma completa datan del último cuarto del siglo XX. El motivo es que su resolución numérica es desde el punto de vista computacional «intratable». No es éste el lugar adecuado para una exposición más detallada, pero si se puede mostrar la naturaleza y dificultad del problema mediante un ejemplo debido a Livesley (1978).

Se propone un arco elemental con dos dovelas sometidas a su propio peso y a una acción desestabili-

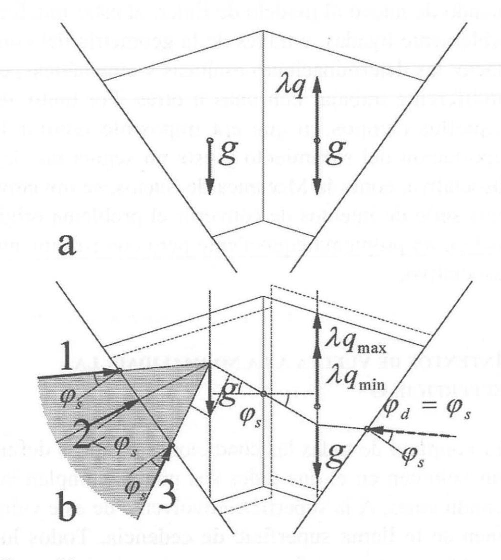


Figura 12
Análisis del ejemplo de Livesley

zante que intenta extraer una de ellas hacia arriba, figura 12. Lo desconcertante del ejemplo es que existen una gran cantidad de soluciones de equilibrio límite: la 1, todas las 2 y la 3. Pero, de todas ellas, sólo la 3 corresponde con un mecanismo de colapso admisible representado en trazos. Además, en este caso, esta única solución de inicio de colapso corresponde a la solución estática límite con menor factor de carga. Por tanto, ya no vale con encontrar una solución estática admisible para poder considerar que su factor de carga es seguro. Por otro lado, para hallar un valor de la carga de inicio de colapso es necesario hallar una solución estática límite y una solución cinemática admisible que se correspondan, esta correspondencia se establece a través de las condiciones de contacto. Obsérvese que, en este nuevo escenario, sólo es posible hallar soluciones inseguras, tal como sucedía con la aplicación del teorema cinemático estándar. Si se quiere recuperar la certeza absoluta, como proporcionaban los teoremas límites estándar, de que una solución es segura, no queda más remedio que hallar la solución más desfavorable de las inseguras, problema que como se ha dicho al anteriormente es «intratable».

Lista de referencias

Amontons, G. 1699a. «De la resistance causée dans les machines, tant par les frottemens des parties qui les composent, que par la roideur des cordes qu´on y employe, et la maniere de calculer l´un et l´autre». Histoire de l´Académie Royale des Sciences 1699, 206-227.

Amontons, G. 1699b. «Sur les frottemens des machines». Histoire de l´Académie Royale des Sciences 1699, 104-109.

Belidor, B.F. 1737. Architecture Hydraulique. Paris.

Coulomb, Ch.A. 1779. Théorie des machines simples, en ayant égard au frottement de leurs parties et à la roideur des cordages. Paris.

Da Vinci, L. 1480-1518. Codex Arundel. British Library.

de Josselin de Jong, G. 1964. «Lower bound collapse theorem and lack of normality of strain rate to yield surface for soils». Proc. IUTAM Symp. On Rheology and Soil Mechanics, Grenoble, 69-78.

De La Hire, M. 1729. Traité de Mecanique. Paris.

Désaguliers, J. T. 1734. A Course of Experimental Philosophy, 1: 10-16. London.

Dowson, D. 1979. History of Tribology. Addison-Wesley Longman Ltd.

Drucker, D.C. 1953. «Coulomb Friction, Plasticity and Limit Loads. Sliding Friction Versus Plastic Resistance». Transactions of American Society of Mechanical Engineers, 76: 71-74.

Dugas, R. [1955] 1957. A history of mechanics. Rouledge & Kegan Paul Ltd.

Euler, L. 1748a. «Sur le frottement des corps solides». Histoire de l'Académie Royale des Sciences et des Belles-Lettres de Berlin, 122-132.

Euler, L. 1748b. «Sur la Diminution de la résistance du frottement». Histoire de l'Académie Royale des Sciences et des Belles-Lettres de Berlin, 133-148.

Heyman, J. 1966. The Stone Skeleton. International Journal of Solids and Structures, 2: 249-279.

Heyman, J. 1976. «Couplet´s Engineering Memoirs». History of Technology, ed.A. Rupert Hall y Norman Smith, 21-44. London: Mansell.

Livesley, R.K. 1978. «Limit analysis of structures formed from rigid blocks». Int. Journal for Numerical Methods in Engineering, 12: 1853-1871.

Maksimovic, M. 1996. «A Family of Nonlinear Failure Envelopes for Non-Cemented Soils and Rock Discontinuities». The Electronic Journal of Geotechnical Engineering, vol.1.

Morin, A. 1833. Nouvelles expériences sur le frottement, faites à Metz en 1831... y en 1832... Mémoires présentés par divers savans a l´Académie Royale des Sciences de l´Institut de France, 4: 1-128 y 591-696.

Morin, A. 1838. Nouvelles experiences sur l´adherence des pierres et des briques... faites a Metz en 1834. Paris: Carillan-Goeury.

Newberry, P. E. 1895. Archaeological survey of Egipt. El Bersheh (The tomb of Tehuti-Hetep) Ed. F.L. Griffith. London.

Painlevé, P. 1895. «Sur les lois du frottement de glissement». Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 121: 112–115.

Palmer, A.C. 1966. «A Limit Theorem for Materials with Non-associated Flow Laws». Journal de Mècanique. vol 5, nº 2.

Parland; H. 1982. «Basic principles of the structural mechanism of masonry: a historical review». International journal of masonry constructions, vol. 2 nº 2: 48-58.

Popov, V.L. 2010. Contact Mechanics and Friction. Springer.

Radenkovic, D. 1961. «Théorèmes limites pour un matériau de Coulomb à dilatation non standardisée». Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris.

Rankine, W. J. M. 1891. A manual of applied mechanics. London: Charles Griffin & co.

Rennie, G. 1829. «Experiments on the Friction and Abrasion of the Surfaces of Solids». Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 119: 143-170.

Sacchi, G. Save, M. 1968. «A note on the limit loads of non-standard materials». Meccanica, 3: 43-45.

[illegible]

caso, esta única solución de inicio de colapso corres-

ponde a la solución estática límite [illegible]

[illegible]

para hallar una solución estática límite y otra ciné-

[illegible]

LISTA DE REFERENCIAS

[illegible]

La Catedral de Cuenca: diferentes tipologías de la bóveda sexpartita

Rocío Maira Vidal

Esta ponencia quiere dar a conocer los aspectos constructivos de unas de las bóvedas más extraordinarias producidas por el gótico español: las bóvedas que cubren las naves de la Catedral de Cuenca.

La Catedral de Santa María de Cuenca es la única catedral española enteramente construida con bóvedas sexpartitas, particularidad ésta, que a nuestro juicio no ha recibido la atención que merece. Este tipo de abovedamiento es escaso en España, aunque su uso fue muy extendido en el gótico francés de finales del siglo XII al XIII, donde se conservan infinidad de ejemplos, entre ellos en algunas de las catedrales de mayor relevancia como Bourges, Laon o la mismísima Nôtre Dame de París. En nuestro país, las bóvedas de Cuenca son un notable ejemplo que reclama un estudio más allá del puramente histórico adentrándose y valorando la singularidad de sus aspectos constructivos

La bóveda sexpartita ha sido escasamente estudiada. Los dibujos de Viollet le Duc parecen definir el modelo por el que se rigen este tipo de estructuras. Sin embargo, la catedral de Cuenca, parece contradecir estos estudios, en ella se observan cuatro tipologías distintas. Las diferentes curvaturas de sus arcos permiten formas diversas dentro del mismo tipo lo que otorga al arquitecto gran libertad para diseñar la configuración de los espacios a cubrir. Estas bóvedas tuvieron su pleno desarrollo a comienzos del gótico y delatan un escaso desarrollo de la estereotomía; no obstante, muestran detalles en su despiece y construcción que ponen de manifiesto ingeniosos recursos para llevar a cabo la labra de sus dovelas, claves y jarjas y lograr la máxima facilidad del proceso constructivo de estas impresionantes estructuras.

Contexto histórico

En septiembre de 1177, Alfonso VIII reconquista la ciudad de Cuenca. En un primer momento se utiliza la mezquita consagrada como templo cristiano, a esperas de la construcción de la nueva catedral, que se llevaría a cabo sobre los restos del antiguo templo musulmán.Los años sucesivos debieron ser momentos difíciles con la prioridad de afianzar el territorio recién conquistado, por ello tanto la constitución del cabildo como el inicio de las obras de la catedral se retrasarían unos años (Palomo Fernández 2002, 1: 139).

Las obras no comenzaron antes de 1182, emprendiéndose muy probablemente a partir de 1194, momento en el que se demandan para su construcción contribuciones anuales a las iglesias de la ciudad y las aldeas del obispado. En este momento Juan Yáñez es obispo de Cuenca (1182-1197). Todos los indicios apuntan a que en la época del obispo San Julián (1198-1208) ya estarían en marcha las obras de la catedral (Palomo Fernández 2002,1: 134-160, 2: 220-226).

Los trabajos debieron iniciarse en su cabecera continuando a buen ritmo con su sucesor, García Ruiz (1208-1224). La cabecera y el transeptodebieron terminarse hacia la segunda mitad del siglo XIII,[1] mo-

mento en el que comienza la construcción de las bóvedas de la nave central o nave de los reyes, probablemente hacia 1270 (García Muñoz 2009, 96).Algunos investigadores, como Gema Palomo, plantean la posibilidad de que a principios del siglo XIV aun se esté cerrando el abovedamiento de la nave principal. En todo caso resulta complicado dar una cronología para las bóvedas, ya que han sido objeto de algunas reconstrucciones en distintos momentos.

Metodología empleada

En la Catedral de Santa María de Cuenca encontramos en total ocho bóvedas sexpartitas, dos en el presbiterio, dos en cada brazo del crucero y otras dos sobre el coro (figura 1).

Para poder determinar su geometría y construcción, se ha procedido a su levantamiento riguroso empleando estación total láser, modelo Leica TCR1105. La campaña de medición sigue en marcha y por el momento ha producido una nube de aproximadamente 45.000 puntos, quedando pendientes algunos detalles de estereotomía y estacionamientos exteriores que permitirán relacionar el sistema de contrarresto con el despiece interior de las bóvedas.

Con el sistema de medición elegidose obtienen levantamientos muy precisos,con un error máximo inapreciable de1,9cm en la unión de los diferentes días de medición.Se han medido las bóvedas, tomando el despiece de sus arcos, claves y jarjas, aunque con más profusión cinco de ellas, por presentar características distintas (figura 2). Con el análisis de estos datos se pretende investigarlas desde un enfoque inédito que aportará datos relevantes sobre su construcción y sus diferentes tipologías.

Viollet le Duc y la bóveda sexpartita

La bóveda sexpartita ha sido escasamente estudiada a lo largo de la historia. Podemos encontrar algunas referencias en los textos publicados por Viollet le Duc, donde el arquitecto define su volumetría y la curvatura de sus arcos e incluso algunos detalles de su estereotomía; jarjas, dovelas y despiece de su plementería.

Viollet le Duc comienza su análisis con las proporciones en planta, cuadradas o próximas al cuadrado. En sus dibujos reproduce la montea de una sexpartita tipo, explicando las curvaturas que suelen tener cada uno de sus nervios (figura 3).Asegura que los ojivos son siempre arcos de medio

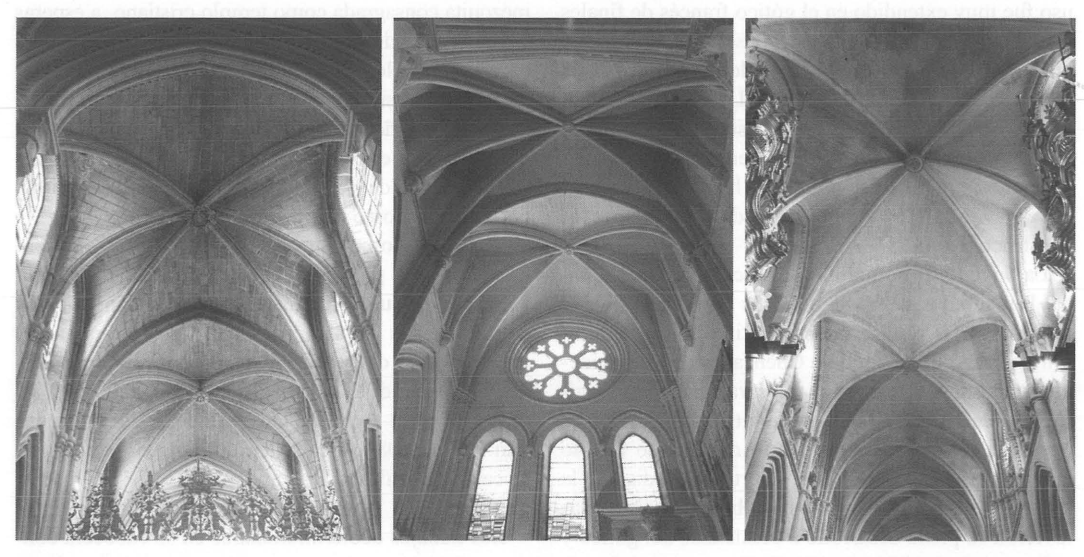


Figura 1
Bóvedas sexpartitas de la catedral de Cuenca; A la derecha las del presbiterio, en el centro las del brazo crucero sur, a la izquierda las de la nave central (fotos de la autora 2013)

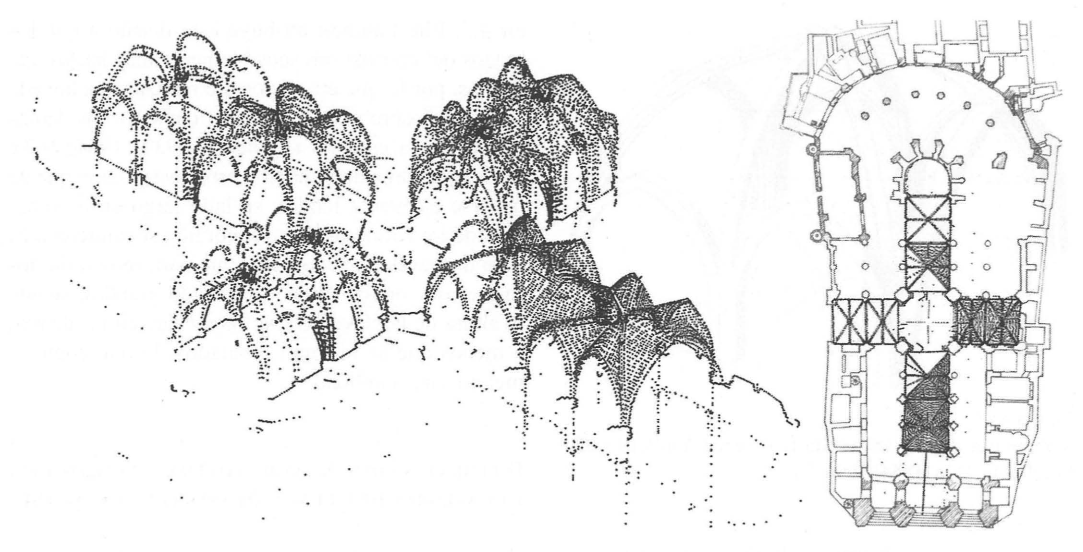


Figura 2
Nube de puntos elaborada.Se comprueba que coincide casi perfectamente la planta general de Vicente Lampérez con el levantamiento topográfico realizado(dibujo de la autora)

punto.[2]Los perpiaños y de través son nervios apuntados,[3] que o bien alcanzan la misma altura que la clave central siendo en este caso una bóveda de rampante estrictamente horizontal o bien bajan ligeramente siendo en este caso una bóveda con rampante ligeramente descendiente en la dirección longitudinal.En el dibujo de la montea tipoindica que los formeros son siempre apuntados,[4] aunque posteriormente se contradice, determinando que los arcos formeros de las bóvedas primitivas, entre los que cita varios ejemplos de sexpartitas, son arcos de medio punto, por tener carga reducida o poca abertura (Viollet 1996, 48). Probablemente se referiría a una progresión, presentando las sexpartitas más primitivas formeros de medio punto y las más modernas formeros apuntados. Indica que estos arcos siempre alcanzan una altura menor a la clave central por lo que el espinazo de la bóveda en sentido transversal (es decir, el rampante de las bocinas de la bóveda) es siempre descendente.

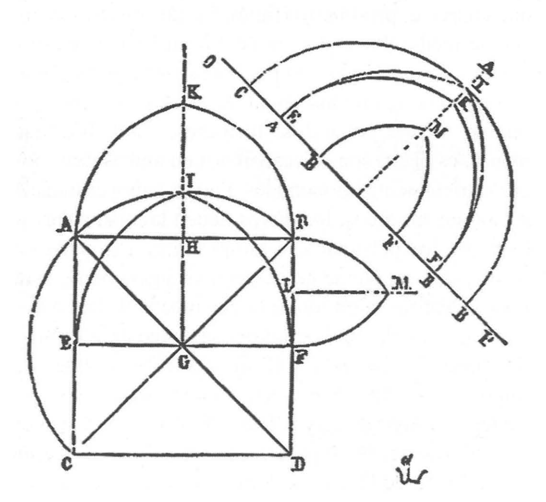


Figura 3
Montea tipo de una bóveda sexpartita según Viollet Le Duc (Viollet Le Duc [1854] 1996, 33).

En el dibujo de la volumetría tipo, observamos una estructura que presenta una acusada forma cupular, con un descenso considerable de los rampantes en las dos direcciones de la bóveda, pero estando siempre más bajos los arcos formeros respecto de todos los demás (figura 4)[5].

Los formerossiempre arrancan a una cota considerablemente más elevada que los salmeres de ojivos y perpiaños por lo que se peraltan sobre pequeñas columnas, aunque en algunos casos bajan hasta el ábaco de los capiteles.[6]El arquitecto francés dibuja y ex-

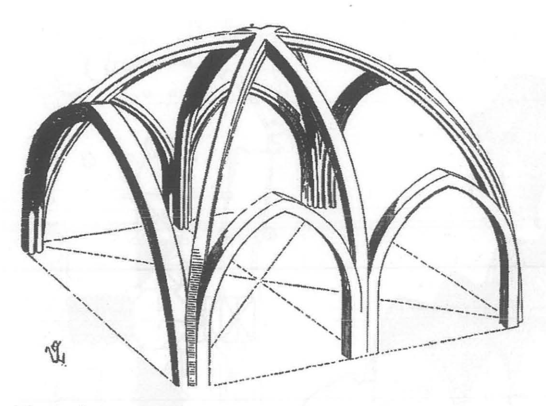


Figura 4
Volumetría de una sexpartita tipo según Viollet Le Duc (Viollet Le Duc [1854] 1996, 34)

plica cómo se realizaría el diseño de los salmeresa partir del grosor de los arcos. Además indica la importancia del diseño de estas piezas ya que, dependiendo de cómo se ejecute su construcción, por piezas enterizas con lechos en horizontal o con las dovelas sueltas de cada nervio unas al lado de las otras, puede ocupar mayor o menor espacio sobre al ábaco de los capiteles, modificando enormemente el diseño de la planta general del edificio (Viollet Le Duc [1854] 1996, 44).Como veremos a continuación, en la catedral de Cuencahay distintas tipologías de bóveda sexpartita,que presentan grandes diferencias con el modelo del arquitecto francés.

Bóvedas sexpartitas de la catedral: proporciones

En la Catedral de Cuenca vemos que tanto lasdos bóvedasque cubren el presbiterio como la que se encuentra sobre el lado Este de la nave de los reyes, son cuadradas. La bóveda del lado Oeste de la nave principal se alarga más de un metro en la dirección de la nave, teniendo proporción rectangular 8:7. Debería ser igual que la del lado Este, es decir, cuadrada. Probablemente su proporción rectangular es el resultado de la adaptación al terreno rocoso o a cimentaciones preexistentes.

Hay que destacar las que cubren los cruceros de la Catedral, ya que tienen una proporción rectangular muy acusada y un tanto extraña, sexquitercia, es decir 4:3.[7]Elie Lambert atribuye este diseño a que los brazos del crucero son sensiblemente más largos que anchos, por lo que era imposible realizar una bóveda sexpartita sobre planta cuadrada como en los demás tramos de la catedral (Lambert [1931] 1985, 163).

Además se podría añadir a esta observación que de haberse ejecutado tendría su lado largo en la dirección de los formeros, con proporción sexquitercia. El arco de través no sería suficiente para reforzarla, los formeros y ojivos serían demasiado grandes, siendo la altura de la clave central mayor que en las demás, a menos que se hicieran rebajados, lo que comprometería su estabilidad.[8]

Diferentes tipologías de bóveda sexpartita en la catedral de Cuenca. Monteas y volumetría

Esta catedral es un interesante ejemplo de las múltiples geometrías que puede adoptar una bóveda sexpartita. A diferencia de las francesas, cubiertas completamentecon sexpartitas que prácticamente tienen la misma forma y dimensiones, la catedral de Cuenca cuenta con cuatro tipologías diferentes de bóveda sexpartita dentro de las ocho que encontramos en su interior.Las diferentes geometrías de sus arcos pueden generar volumetrías muy dispares como veremos a continuación.

La primera tipología se encuentra en las bóvedas que cubren el presbiterio (figura 5). Los ojivos son arcos de medio punto con su centro en la línea de imposta. La altura alcanzada por los arcos perpiaños, que son nervios apuntados, es la de la clave central. Lo mismo ocurre con los formeros. Son bóvedas planas,[9]es decir, con sus caballetes en ambas direcciones estrictamente horizontales. Parece haber estandarización en sus arcos, los ojivos tienen la misma curvatura que los perpiaños, y también que los arcos de través, que simplemente se peraltan ligeramente para poder alcanzar la altura de la clave central. Los arcos formeros son de medio punto y se encuentran peraltados aproximadamente 4,40 metros sobre la línea de imposta. Este tipo de estandarización, peraltando ligeramente el arco de través entre 30 y 45 cm, podemos encontrarlo en las bóvedas del refectorio gótico de Santa María de Huerta en Soria.[10] El peralte es tan pequeño que pasa completamente desapercibido.La forma de esta bóveda se aleja de la tipología de Viollet le Duc al ser plana en sus dos direcciones (figura 6).

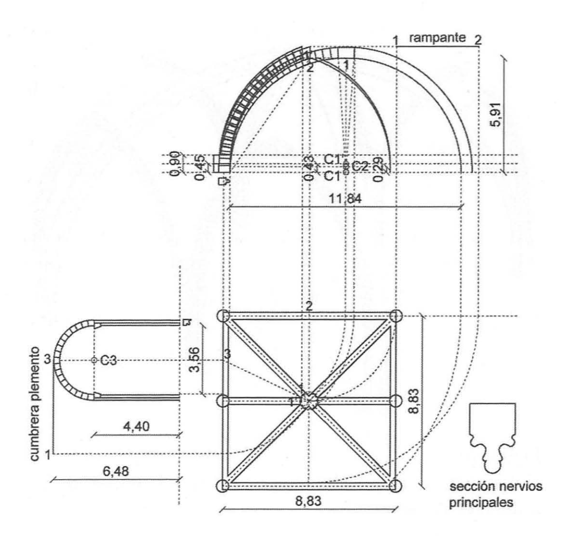


Figura 5.
Montea de las bóvedas sexpartitas del presbiterio de la Catedral de Cuenca (dibujo de la autora)

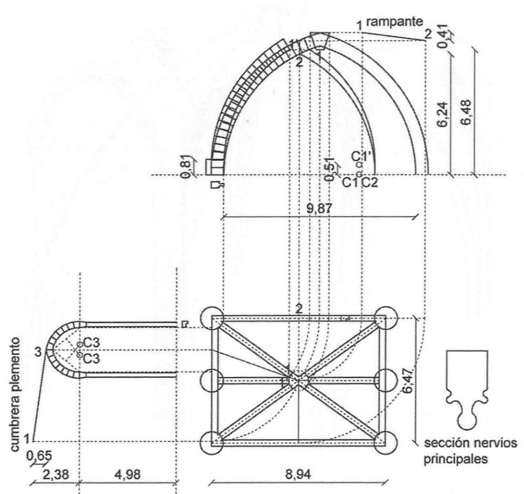


Figura 7
Montea de las bóvedas sexpartitas de los brazos del crucero de la Catedral de Cuenca (dibujo de la autora)

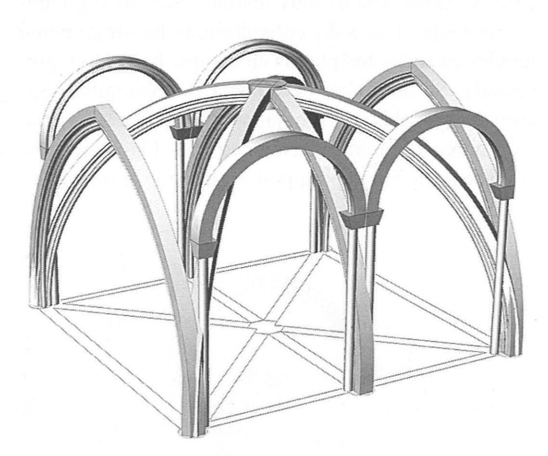


Figura 6
Volumetría de las bóvedas sexpartitas del presbiterio de la Catedral de Cuenca (dibujo de la autora)

En los brazos del transepto encontramos otras cuatro bóvedas sexpartitas de planta rectangular. Losnervios diagonales no son arcos de medio puntosino apuntados, lo que les permite alcanzar la misma altura en la clave central que en las demás bóvedas de la catedral, aun siendo su planta mucho más pequeña.[11]Hay estandarización en la curvatura de todos sus nervios, estando los arcos de través peraltados aproximadamente 80 centímetros sobre la línea de imposta (figura 7).[12]La altura que alcanzan los arcos perpiaños se encuentra medio metro por debajo de la altura de la clave. La bóveda presenta por tanto una ligera pendiente en el rampante longitudinal. Los arcos formeros son arcos ligeramenteapuntados. Se encuentran peraltados casi 5 metros, pero su clave no alcanza la altura de la clave central por lo que el caballete de la bóveda desciende también en esta dirección (figura 8). Esta tipología se aleja enormemente de la presentada por Viollet le Duc, por un lado por la proporción de su planta pero sobre todo por la geometría apuntada de sus arcos diagonales.

La bóveda situada en el lado Este de la nave central es una bóveda sexpartita de planta cuadrada (figura 9). Todos sus nervios parecen tener la misma curvatura. Sus arcos ojivos son de medio punto con sus centros sobre la línea de imposta.Los perpiaños se encuentran ligeramente más bajos que la clave central, por lo que el rampante de la bóveda desciende en su dirección longitudinal cerca de 30 cm. Los arcos de travésse peraltan de nuevo ligeramente sobre la línea de imposta, del orden de 45 cm. Los formeros son arcos muy apuntados, siendo 80 cm más bajos en altura que la clave central. El caballete de la bóveda en la direccióntransversales por tanto descen-



Figura 8
Volumetría de las bóvedas del crucero de la catedral (dibujo de la autora)

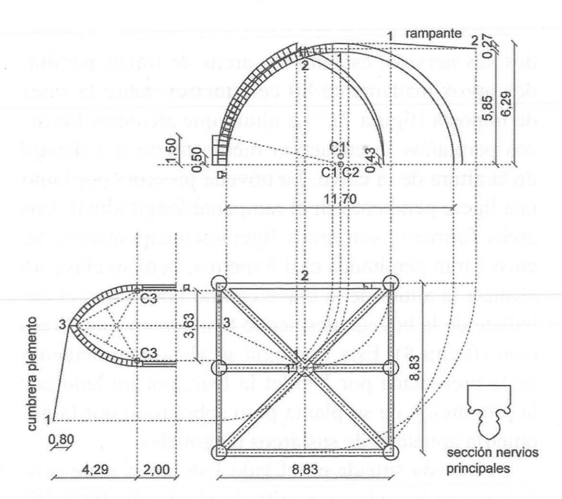


Figura 9
Montea de la bóveda de la nave central situada al Este (dibujo de la autora)

dente. Es la que más se parece a la tipología de Viollet le Duc, aunque con una forma menos cupulada (figura 10).

La otra sexpartita de la nave central, la más cercana a los pies de la catedral, es un ejemplo curioso, que al igual que las del crucero, se aleja de los parámetros comúnmente utilizados en la geometría de las

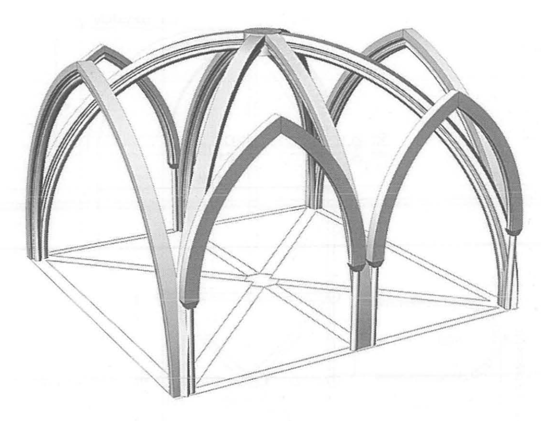


Figura 10
Volumetría de la bóveda de la nave central situada al Este (dibujo de la autora)

bóvedassexpartitas (figura 11). Aunque debería tener la misma forma y tamaño que la bóveda Este sobre el coro, su geometría es muy distinta. Sin embargo ambas bóvedas han sido consideradas históricamente iguales en todos los planos en los que han sido representadas.Su proporción en planta es rectangular. Sus arcos diagonales son rebajados y presentan una relación geométrica entre sus curvaturas. Estos arcos no se hacen rebajados para poder alcanzar la misma al-

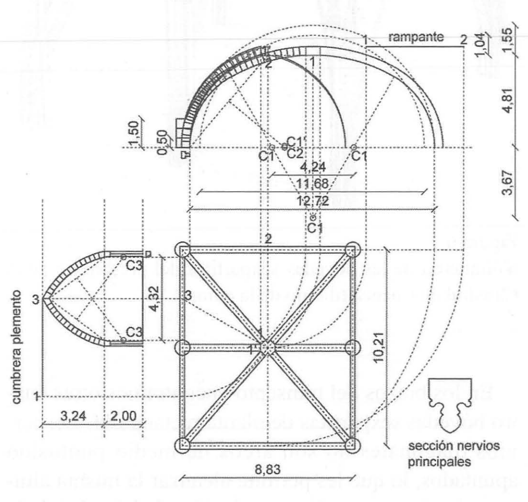


Figura 11
Montea de la bóveda Oeste de la nave central de la Catedral de Cuenca (dibujo de la autora)

tura de la clave respecto de las demás bóvedas. Es la única que tiene su clave notablemente más baja,prácticamente 1 metro.Esta característica parece ser intencionada ya que ni la bóveda ni los muros sobre los que apoya presentan deformaciones relevantes.

Además la altura alcanzada por los perpiaños es variable en cada lado, descendiendo poco a poco para que el cambio de altura entre ambas bóvedas pase desapercibido y para evitar en lo posible superficies de plementería visiblemente descendentes desde el perpiaño hacia la clave.Su perpiaño Oeste tiene la misma altura que la clave. El arco perpiaño Este, que la separa de la otra bóveda sexpartita de la nave, se encuentra en una posición intermedia, está más alto que la clave pero más bajo que la altura que alcanza el otro arco perpiaño de la bóveda Este de la nave. Parece, por tanto, que el arquitecto quería bajar la altura general de edificio en la zona de los pies de la catedral. La decisión podría deberse a la conexión de la nave con la fachada principal.Es difícil saberlo ya que la fachada original desapareció en 1902, desmontada tras el hundimiento de la torre del Giraldo. Su fachada neogótica actual es completamente nueva, realizada según los diseños de Vicente Lampérez y Romea.

Los arcos perpiaños tienen la misma curvatura que el de través, que en este caso no está peraltado. Los formeros, peraltados 2 metros sobre la línea de imposta, son también apuntados. La bóveda tiene rampante horizontal en sus dos direcciones, por lo que su forma es plana y rebajada, completamente alejada del modelo violletiano (figura 12).

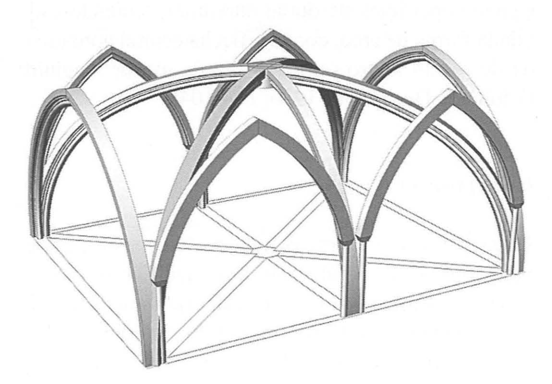


Figura 12
Volumetría de la bóveda Oeste de la nave central de la Catedral de Cuenca (dibujo de la autora).

ESTEREOTOMÍA DE LAS BÓVEDAS

Jarjas y dovelas

Analizando las jarjas de unión de los tramos abovedados, aquellas donde se unen los cinco nervios (dos ojivos, un perpiaño y dos formeros), podemos distinguir una forma de talla común, aunque con ligeras diferencias en su morfología y tamaño (dependiendo de la tipología de bóveda en la que se encuentren).Los enjarjes están formados por grandes piezas. En algunos casos cada pieza de jarja tiene una altura de 50 cm y en otros llegan incluso a los 80 cm. A pesar de sus enormes dimensiones son piezas rectas. Para su talla se necesitan dos plantillas, una de ellas más adelantada que la otra y una escuadra con el ángulo necesario. Las jarjas solo están formadas por las molduras de tres de los nervios; el perpiaño y los dos ojivos. Los formeros están peraltados sobre columnas por lo que su arranque está muy por encima de las jarjas de los demás nervios.

Las jarjas de las bóvedas de presbiterio están formadas por dos piezas superpuestas con sus lechos en horizontal. Cada una tiene una altura de entre 45 y 50 cm. La última tiene su lecho superior también horizontal sobre el que se disponen las dovelas de cada arco. Las jarjas de las bóvedas del crucero están formadas por una sola pieza, de 80 cm de altura, cuyo lecho superior lleva una pequeña inclinación para re-

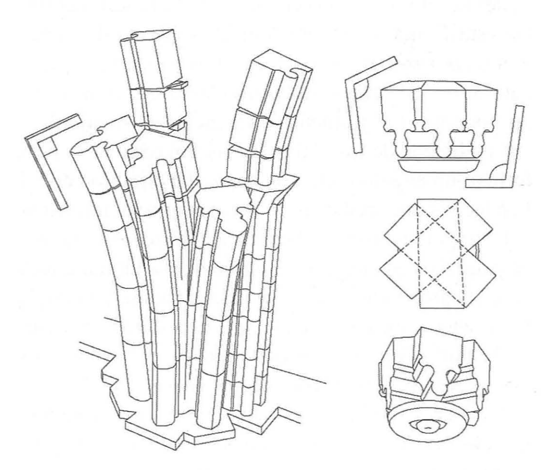


Figura 13
Dibujo en 3D de la jarja entre las bóvedas de la nave principal, realizados a partir de la nube de puntos. Derecha: clave de la bóveda Este del presbiterio (dibujos de la autora)

cibir las dovelas de cada nervio. Las jarjas de las bóvedas de la nave central, están formadas por tres piezas superpuestas, de unos 50 cm cada una. La última de ellas con su lecho superior con las inclinaciones necesarias para recibir a cada nervio (figura 13).

Al analizar las dovelas se ha comprobado que son rectas en todas las bóvedas. Son piezas de aproximadamente 30 cm, probablemente recibidas en su trasdós con pequeñas cuñas que permiten ir curvando cada nervio.[13]Su sección varía mucho en tamaño y forma. Las del presbiterio tienen una sección alargada con el baquetón central redondo,[14]mientras que las de la nave tienen una proporción muy cuadrada, de canto reducido, con el baquetón central acabado en pico (figuras 5 y 9). Las bóvedas del crucero tienen la sección de sus nervios exageradamente grande en comparación con el tamaño de la bóveda. El baquetón central es redondo pero el canto es el doble que el ancho (figura 7).

Claves

Las claves se componen de un cilindro central desde el que parten radialmente los seis brazos que componen los arcos de la bóveda. Son grandes piezas monolíticas. Los brazos tienen un desarrollo mínimo, son muy cortos y rectos. Al no tener curvatura se tallan con la ayuda de una escuadra. La inclinación del trasdós de los brazos de la clave continúa la curvatura del nervio hasta encontrase con el cilindro central. De esta forma se garantiza el buen apoyo de la plementería, permitiendo la continuidad de su suave curvatura.Analizando todas las claves de las sexpartitas podemos ver pequeñas diferencias en su talla.

Los brazos de las claves de las bóvedas de la nave forman un ángulo recto con el eje del cilindro central. Los lechos que reciben a los nervios forman igualmente un ángulo recto con el eje de los brazos. Se requiere de pequeños ajustes in situ, por lo que la última dovela de cada arco tiene que ser necesariamente trapezoidal en su encuentro con la clave. De esta forma se resuelve la transición entre la curvatura de los arcos y los brazos rectos y horizontales de la clave.

Las claves de las bóvedas del presbiterio son iguales a las anteriores, con la única diferencia de tener la inclinación necesaria en la cara de testa de sus brazos, para recibir las dovelas de cada nervio. Los brazos siguen siendo rectos pero sus lechos se tallan inclinados (figura 13). En este caso no son necesarias dovelas trapezoidales de transición entre la clave y los nervios.[15]

Las claves de las bóvedas del crucero tienen también sus brazos rectos y sus lechos inclinados para recibir a los nervios,pero sus brazos forman un ángulo agudo con el eje del cilindro central, para continuar la dirección de los nervios. Siendo las bóvedas másestrechas y pequeñas de lo normal, no es posible conseguir una buena concordancia entre la clave y los nervios si los brazos de la clave son horizontales.

Plementería

La plementería presenta aparejo mixto, combinando hiladas a la francesa, con el grosor de sus plementos variable en forma de cuña, y a la inglesa, con hiladas de plementería de grosor constante. Este sistema permite corregir la dirección de sus plementos poco a poco.Las hiladas de plementería no tienen forma de arco sino que son planas.Forman en su conjunto superficies regladas. Las superficies de plementería suelen cerrarse con una hilada superior más estrecha, seguramente a modo de cuña que se golpeaba, con un martillo, para que entrase a presión en el hueco restante, creando la tensión necesaria en la superficie de plementería para que entrase en funcionamiento.

El primer tercio de plementería podría colocarse sin ayuda de medios auxiliares. A partir de ahí se podrían emplearpuntales y tablones de madera, sin la colocación de grandes cimbras. Estos datos contradicen la teorías de Viollet le Duc que indica que las plementerías de la bóveda sexpartita tienen aparejo a la francesa, siendo superficies de doble curvatura, teniendo cada hilada forma de arco, con una flecha central aproximada de medio metro (en la hilada de mayor longitud) (Viollet le Duc [1854] 1996, 103-104).

Conclusiones

La catedral de Cuenca es una de las construcciones más originales del gótico primitivo en Europa. Analizada su geometría se concluye que se trata de un edificio donde se emplearon diferentes tipologías de bóveda sexpartita para adaptarse a las necesidades espaciales de cada crujía. La riqueza y variedad de estas bóvedas es impresionante y poco habitual dentro de un solo edificio.

Las bóvedas sexpartitas de la catedral que presentan mayores diferencias con el modelo de Viollet le Duc tienen sus arcos diagonales o bien apuntados o bien rebajados, pero no de medio punto, como indica el arquitecto francés. Por otro lado, el modelo viollettiano tiene sus rampantes descendentes, especialmente el de los arcos formeros, en cambio en la catedral de Cuenca observamos no solo rampantes descendentes sino también estrictamente horizontales en ambas direcciones. En las bóvedas de la cabecera los formeros son de medio punto, y en las demás ya presentan forma apuntada, tímidamente en los cruceros y muy marcada en las bóvedas de la nave central.

Del análisis de su estereotomía se extraen conclusiones también interesantes.La talla y el aparejo de sus bóvedas es primitivo, al igual que en las grandes sexpartitas francesas, las dovelas son rectas, probablemente recibidas con cuñas en el trasdós para curvarse siguiendo la forma de los arcos. Sus jarjas son también rectas. Sus claves son grandes cilindros con escaso desarrollo de sus brazos, igualmente rectos. No hay empleo del baibel en la talla de estas estructuras. Todas las piezas se tallan sin curvatura, con la ayuda de escuadras. Por el contrario podemos comprobar que hay estandarización en sus arcos. Teniendo todos los arcos la misma curvatura, se consigue una ventaja importante en la obra, se emplea la misma cimbra para todos ellos. Estas técnicas muestran el espíritu práctico de los constructores de las grandes catedralesbuscando sistemas sencillos y flexibles para poder realizar estas complejas estructuras.

Notas

1. Las partes altas del transepto delatan la mano de un taller diferente al que realizó la cabecera.
2. Viollet indica que los ojivos rebajados presentan mayores problemas en cuanto a su solidez estructural, geometría y ejecución de sus dovelas, por lo que dejaron de utilizarse por los primeros constructores góticos (Viollet Le Duc [1854] 1996, 35).
3. La clave de estos arcos se desplaza hacia arriba respecto de la altura que alcanzaría un arco de medio punto para cubrir esa luz, entre 1 y 3 veces el canto del nervio (Viollet Le Duc [1854] 1996, 28-29).
4. Los arcos de medio punto aplicados a perpiaños y formeros habrían sido un retraso por su mayor empuje y condicionarían la forma de las bóvedas teniendo demasiada diferencia de altura entre la clave central y los perpiaños y formeros (Viollet le Duc [1854] 1996, 36).
5. La forma de la bóveda tipo que presenta Viollet Le Duc es muy parecida a la volumetría que tienen las bóvedas del crucero de la catedral de Sigüenza (Palacios y Maira, 2013).
6. Viollet indica que esta solución es un caso menos habitual (Viollet le Duc [1854] 1996, 44-46).
7. Para conseguir este rectángulo se unen dos triángulos rectángulos por su diagonal. El triángulo de Pitágoras es el único con sus lados formados por números enteros, 3, 4 y 5 unidades.
8. El crucero norte se cubre con dos sexpartitas iguales. El crucero sur tiene la sexpartita situada en su lado norte visiblemente menor que las demás ya que la longitud total del brazo es menor que la del lado norte. Esta bóveda no corresponde a una proporción concreta, estando entre la sexquialtera y la dupla.
9. Estas bóvedas ya fueron estudiadas y publicadas por el profesor José Carlos Palacios Gonzalo en su libro *La cantería medieval. La construcción de la bóveda gótica española*. Sus conclusiones coinciden con la montea que aquí se presenta.
10. Su estudio fue publicado en las actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Posteriormente se han revisado los resultados de la investigación durante la construcción a escala 1/3 de una de estas bóvedas en la asignatura de Taller de Construcción Gótica, llevado a cabo en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid por el profesor José Carlos Palacios. Esta experiencia docente me ha permitido comprobar que las diferencias entre las curvaturas de sus arcos eran despreciables tratándose de bóvedas de esta magnitud y siendo sistemas constructivos que absorben errores de ejecución con una facilidad asombrosa. Este trabajo práctico me permitió revisar estos datos, llegando a la conclusión de que todos sus arcos están estandarizados. Esto no supone una ventaja en la talla de las dovelas, que son todas rectas e iguales, pero si permite utilizar la misma cimbra para todos sus arcos, simplificando enormemente el proceso constructivo.
11. Todas las sexpartitas de la catedral alcanzan aproximadamente los 20 metros de altura, a excepción de la bóveda Oeste de la nave central, la más cercana a los pies de la iglesia, cuya clave se encuentra casi un metro por debajo.
12. Los demás arcos tienen sus centros en la línea de imposta.
13. Con respecto al aparejo de las bóvedas primitivas, comenta Viollet Le Duc que las dovelas suelen tener un tamaño sorprendentemente reducido. La construcción con piezas pequeñas suponía un abaratamiento en el coste, facilidad de colocación a grandes alturas y mayor elasticidad de la construcción (Viollet Le Duc [1854] 1996, 49).

14. Estas dovelas han sido recubiertas parcialmente en algunos nervios con morteros, perdiendo su sección original, probablemente para reforzar las zonas más esbeltas. Podría deberse a la presencia de agrietamientos.
15. En la bóveda Este del presbiterio, todos los lechos de los brazos de la clave se han tallado con el mismo ángulo. Su inclinación permite una conexión perfecta con los nervios ojivos. En el caso del arco de través se necesita un ángulo mayor. El maestro cantero ha simplificado la pieza, considerando el mismo ángulo para todos los brazos, y ajustando una dovela en forma trapezoidal para realizar la unión de los arcos de través y la clave. En la clave del presbiterio Oeste, utiliza ángulos claramente distintos para los brazos que reciben los arcos de través y los que reciben los ojivos. Su talla es más compleja que la anterior y no requiere el empleo de dovelas en cuña.

LISTA DE REFERENCIAS

AA.VV. 2009. *La Catedral de Santa María de Cuenca. Tres décadas de intervenciones para su conservación.* Madrid: Fundación ACS.

Bechmann, Roland. [1981] 2011. *Les racines del cathédrales.* París: Payot.

Chueca Goitia, Fernando. [1964] 2001. *Historia de la Arquitectura española. Edad Antigua y Edad media. Tomo I.* Ávila: Fundación Cultural Santa Teresa y COAM.

Fitchen, John. [1961] 1981. *The Construction of Gothic Cathedrals. A Study of Medieval Vault Erection.* Chicago: The University of Chicago Press.

Lambert, Elie. [1931] 1985. *El arte gótico en España.* Madrid: Editorial Cátedra.

Lampérez y Romea, Vicente. 1909. *Historia de la Arquitectura Cristina Española en la Edad Media. Tomo II.* Madrid.

Maira Vidal, Rocío. 2011. «Bóvedas sexpartitas: Traza, estereotomía y construcción. Monasterio de Santa María de Huerta».*Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción - Santiago de Compostela. Vol. II.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2009. *La Cantería Medieval. La construcción de la bóveda gótica española.* Madrid: Munilla-Lería.

Palacios Gonzalo, J.C. yR. Maira Vidal. 2013. «Nuevas tecnologías de medición al servicio del Patrimonio: Sigüenza y Santa María de Huerta».*Actas del Congreso Internacional La Experiencia del Reuso. Vol I.* Madrid.

Palomo Fernández, Gema. 2002. *La Catedral de Cuenca en el contexto de las grandes canterías catedralicias Castellanas en la Baja Edad Media. Tomos I y II.* Cuenca: Publicaciones de la Diputación provincial de Cuenca.

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX.* Madrid: Akal ediciones.

Viollet-Le-Duc, Emmanuel. [1854] 1996. *La construcción medieval.*Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Willis, Robert. [1842] 1910. *On The Construction ofthe Vaults ofthe Middle Ages.*London: The Royal Institute of British Architects.

Las bóvedas con nervios prefabricados de yeso de la iglesia de la Magdalena de Cehegín (Murcia). Análisis geométrico, constructivo y de estabilidad

Rafael Marín Sánchez
Santiago Tormo Esteve

Se analizan en esta comunicación cuatro bóvedas de crucería moderna, localizadas en la iglesia parroquial de Santa María Magdalena de Cehegín (Murcia), cuyos nervios están constituidos por dovelas prefabricadas de yeso. Todas presentan características técnicas diversas, particularmente en su trazado geométrico. Sobre la base del levantamiento métrico realizado con el apoyo de una estación total dotada de distanciómetro láser se proponen varias hipótesis de traza y se reflexiona sobre su proceso constructivo prestando especial atención a la posible interacción de técnicas de tradición cristiana y morisca.

Las bóvedas de crucería con dovelas prefabricadas de yeso y plementerías tabicadas constituyen un episodio singular de la arquitectura hispana de los siglos XV y XVI que apenas ha gozado de consideración hasta la fecha. Tales elementos forman parte de un conjunto más amplio de variantes tecnológicas propias del repertorio cristiano (escaleras, galerías, púlpitos, retablos, chimeneas, etc.), ejecutadas con albañilería por adaptación o evolución de experiencias previas de raíz romana e islámica.

Los elementos identificados en Levante, Castilla y Andalucía sugieren —al menos por el momento— que tales procedimientos podrían haber sido empleados por primera vez en Segorbe o Játiva, áreas muy próximas a Valencia con abundancia de yeso, ladrillos y mano de obra morisca. En estas propuestas subyace la intención de abaratar costes y reducir los plazos, pero también pesaron considerablemente otras variables (ahorro de medios auxiliares, reducción de peso propio y empujes, etc.) o la posibilidad de obtener vistosos efectos formales difícilmente alcanzables con piedra de cantería. Tal combinación de virtudes debió hacerlas particularmente competitivas favoreciendo su empleo en una amplia extensión de territorios peninsulares, en particular durante el siglo XVI, permitiendo edificar obras suntuarias en áreas sin recursos económicos o con escasez de piedra o de especialistas, como de hecho ocurre en el edificio objeto de esta comunicación.

Hasta la fecha escasean los trabajos técnicos sobre los aspectos constructivos particulares de esta variante de bóvedas quizás como consecuencia de la tradicional percepción de «monumento» que, inercialmente, ha implicado un juicio de valor amparado en criterios históricos, estéticos y de riqueza material a la hora de determinar la importancia que un edificio, como obra de arte, reviste en nuestra evolución cultural obviando otras variables, igual de categóricas, relativas a la naturaleza de sus componentes.

En general, estos sistemas de cierre no comportan una mera transposición con yeso y ladrillos de los ejemplos pétreos. El material impone sus propias reglas, influyendo en el proceso constructivo y en el comportamiento estructural del elemento. Ciertos aspectos particulares conllevan ventajas y otros acarrean inconvenientes. La mejor manera de identificar unos y otros pasa por intentar comprender sus procedimientos de diseño y construcción, además de su estabilidad en servicio. Ello implica establecer, por una parte, hasta qué punto se respetan en su construcción

las reglas de la cantería, es decir, si la forma abovedada queda determinada a partir de la disposición previa de una trama de arcos —elementos planos constituidos por pequeñas piezas ajustadas sobre una cimbra— que definen la geometría resultante de su cáscara, facilitando el tendido posterior de las plementerías. Además, es importante conocer el procedimiento seguido para la fabricación de las dovelas de yeso, prestando atención a los elementos singulares —y más costosos— de la bóveda (claves y jarjamentos) para determinar hasta qué punto sus constructores fueron capaces de obtener un óptimo provecho de las técnicas de modelado (albañilería) y talla (cantería). Conviene recordar que las bóvedas de crucería ofrecen a priori enormes posibilidades de estandarización (Willis 1842; Bechmann 1993; Rabasa 2000) aunque, por lo general, fueron deficientemente explotadas por los constructores de la época.

En último término, merecen atención las dimensiones de los nervios y las características de las plementerías. Estas últimas han sido consideradas tradicionalmente como un relleno informal y, por tanto, ajustado a las reglas de la albañilería aunque el peso propio de los cascos generó ciertas dificultades hasta la incursión de abovedamientos ligeros como los tabicados. La naturaleza de los rellenos y trasdosados condicionan la construcción y la estabilidad del conjunto.

Aunque las bóvedas de Santa María Magdalena resultan tardías en relación con otros ejemplos de similar factura (debieron construirse entre 1622 y 1695), también son las de mayor dimensión al cerrar tramos de hasta 9,15 metros de luz. Además, su posible traza presenta novedades con respecto a los planteamientos canónicos del periodo y el hecho de resultar visitables por su trasdós permite conocer con mayor detalle sus particularidades constructivas. A todo ello, hay que añadir la singularidad de sus nervios y sus características dimensionales.

La iglesia de Santa María Magdalena

La parroquia de Santa María Magdalena es la iglesia mayor de Cehegín. Fue construida intramuros, entre la plaza Vieja y la del Concejo, en la parte más alta de la ciudad. El edificio que ha llegado hasta nuestros días sustituyó total o parcialmente a otro más antiguo concluido en 1507. Ambas construcciones, la primitiva y la conservada, se caracterizan por tener sus naves cubiertas mediante bóvedas de crucería con nervios dovelados de yeso[1].

La nueva iglesia fue iniciada en 1549, a partir de una traza de Juan de Praves[2] quizás inspirada en otra anterior de Jerónimo Quijano. Las obras se prolongaron durante casi 150 años, hasta 1695-98 (?), por la confluencia de problemas económicos y técnicos. Durante ese dilatado periodo sufrió varios cambios de dirección que, en más de una ocasión, conllevaron la aportación de nuevas trazas. El edificio que ha llegado hasta nosotros (figura 1) plantea aún numerosos interrogantes; aunque se conservan bastantes documentos, estos son muy imprecisos y no resulta fácil establecer la importancia de cada arquitecto en el resultado final ni la evolución concreta de las obras.

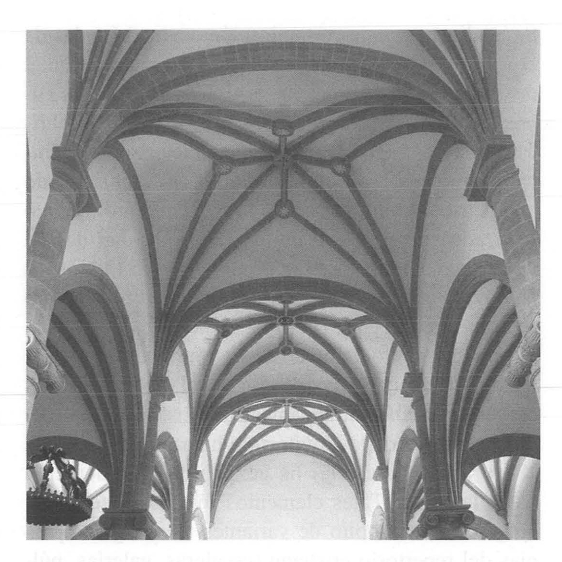


Figura 1
Interior de la iglesia de Santa María Magdalena (foto del autor 2013)

Un documento[3], fechado en diciembre de 1548, refleja la fuerte presión vecinal para que la obra se realizara de albañilería, «e no de cantería como estaba acordado» pues «haciéndose de tapiería se hará en breve tiempo e tan buena como de cantería con hacerse sus esquinas e arcos de cantería». Con este planteamiento, asumido por el maestro Juan de Pra-

ves, la piedra se restringió a los cimientos, esquinas, estribos, pilares y arcos principales (fajones, formeros y de embocadura). Conviene aclarar que la ausencia de buena sillería en las proximidades obligaba a acarrear las piedras desde las canteras de Caravaca, situadas a unos 8 km.

En 1596 al parecer estaba casi concluida la envolvente exterior de las dos primeras crujías de la iglesia, edificadas sobre el primitivo solar, quedando aún pendientes las bóvedas y la techumbre. Dichos trabajos, en su mayor parte, corrieron a cargo del maestro Ginés de Gea[4], vecino de Cehegín. En 1604 acudió a la obra el maestro Joan Mirón para tasar las obras de «reparo» (mantenimiento) ejecutadas por otro maestro de la villa: Alonso de Carrión[5]. En ese momento el edificio contaba con una techumbre provisional, que aprovechaba las escuadrías del primitivo templo inaugurado en 1507. En 1613 volvió Joan Mirón el viejo para tasar nuevos reparos[6] e igualmente constan otros pagos entre 1618 y 1622 al mismo artífice. En esta última fecha ya estaban habilitadas las capillas del Rosario, Santa Lucía y San Pedro. Además, habría que suponer cerradas todas las bóvedas de los dos primeros tramos por cuenta de Joan Mirón.

La ampliación[7] del templo hacia el norte debió dar comienzo en 1622 prolongándose con interrupciones hasta 1698. El tramo noreste del solar era muy escarpado y su costado norte, de marcada pendiente, contaba con numerosas viviendas. Consta que, entre 1690 y 1695, Francisco Marín Monsalve, maestro alarife, trabajó en la obra de albañilería del templo y que durante ese periodo se cerraron las bóvedas de las dos crujías restantes. Igualmente, se sabe que entre 1695 y 1698 Francisco Bastida y Joseph García, maestros arquitectos, terminaron la iglesia por lo que, probablemente, se deba a ellos el añadido del coro elevado de los pies.

Características constructivas del edificio

El edificio es de planta rectangular con tres naves segmentadas en cuatro tramos, que responden a distintos criterios proyectuales. Aunque su envolvente encaja sensiblemente en un rectángulo de unos 40 metros de largo por 20,4 metros de ancho, respetando por tanto la relación 1:2 señalada en el compendio de Simón García (1681), los tramos son desiguales y sus proporciones un tanto inconexas, en particular en las dos crujías de los pies, las más antiguas.

La nave central tiene mayor altura que las contiguas, pero carece de iluminación directa, al menos en la actualidad. En el trasdós de los lienzos de cierre se distinguen las jambas de antiguos huecos de iluminación, hoy tapiados. Las bóvedas de crucería estrelladas descansan sobre unas columnas pétreas de orden toscano y proporción heterodoxa con unos capiteles jónicos incrustados en la mitad del fuste, coincidiendo con el arranque de las embocaduras laterales. Además, las cuatro columnas que delimitan las dos crujías más próximas al testero, erigidas después de 1622, tienen un módulo distinto a las de los pies. Por su parte, las bóvedas de las naves menores descansan exteriormente sobre soportes apilastrados adosados al muro, a modo de contrafuerte, ante la imposibilidad de disponerlos al exterior por falta de espacio. Tales soportes tampoco guardan una relación formal canónica con las columnas centrales.

Como ya se ha señalado, en sus fábricas predomina la albañilería. La cantería solo fue empleada para elementos concretos: los arcos fajones y de embocadura, las columnas, contrafuertes y las esquinas y demás puntos débiles de los lienzos murarios. Los primeros, de perfil clasicista, tienen un canto de 0,90 metros, que arroja un espesor en función de la luz de 1/15. Sobre unos y otros se elevan muros de mampostería hasta la cubierta de tres palmos de espesor, transformando en la práctica a estos arcos en diafragmas de gran canto. De esta forma todas las bóvedas de crucería con nervios de yeso y plementos tabicados, las centrales y las laterales, quedan confinadas por una retícula o caja rígida de fábrica. La cubierta original, sustituida en 1995 por una estructura metálica, estaba formada por una armadura de madera continua a dos aguas.

El 9 de marzo de 1936 la iglesia fue incendiada, perdiéndose el retablo de la Capilla Mayor y muchos de sus bienes muebles. Los sillares calizos sufrieron una fuerte degradación térmica que acarreó perdidas de sección por calcinación. En 1940 se acometió una restauración de emergencia y se recompusieron estas pérdidas de sección con yeso. Además, se trasdosaron las plementerías con una costra de hormigón armado a la que fueron anclados todos los nervios, tanto los principales de piedra como los secundarios de yeso. Posteriormente, en el año 2002, se afrontó una nueva intervención a la que debemos su actual aspec-

to. En esta obra se incrementó nuevamente la sección de los cascos con hormigón gunitado, saneando los nervios mediante la eliminación de los añadidos anteriores y recomponiendo sus secciones con morteros orgánicos, previo anclaje a la plementería con tornillería de acero inoxidable. La actual pátina de aspecto pétreo procede de aquella intervención.

Geometría de la planta

Doce de las trece bóvedas son estrelladas de cinco claves, repitiendo el modelo más extendido en la comarca —probablemente por influencia valenciana—, con la única excepción de la que cierra el coro elevado, que es de nueve claves. El análisis geométrico de la planta y la escasa información útil que aporta la confusa documentación histórica sugieren que los cuatro tramos de la nave central podrían haber sido cerrados en al menos dos fases pues los más próximos a la cabecera siguen distintos criterios de trazado de los terceletes. La misma premisa se puede aplicar a los tramos laterales aunque, en este caso, los dos primeros presentan una extraña geometría próxima a un medio cañón, con su directriz dispuesta transversalmente al eje principal de la nave, muy alejada de los planteamientos canónicos. Parece más bien un intento de aparentar el aspecto de una crucería a partir de una bóveda de cañón construida previamente.

Traza de las bóvedas anteriores a 1622

El dibujo en planta de la bóveda del primer tramo, con unas dimensiones estimadas de 8,78 por 7,25 m de lado (31,5 x 26 pies castellanos), parece aproximarse a la proporción armónica conocida como sexquicuarta (6:5). Su contigua parece ligeramente mayor, con 9,15 por 8,05m (unos 32 x 28 pies), medidas cercanas a la relación sexquiséptima (8:7). Estas relaciones cuadriláteras tan inusuales podrían deberse al intento de acomodar la nueva traza a los límites del solar ocupado por la iglesia primitiva. Las dos bóvedas centrales restantes, construidas después de 1622, son de planta sensiblemente cuadrada, con 9,15 por 9,01m de lado (unos 33x 32,5 pies).

En las naves laterales también se aprecian grandes diferencias de proporción y factura entre las más antiguas y las ejecutadas a partir de 1622. Las bóvedas perlongadas del primer tramo son más cortas, con una relación entre sus lados cercana a 3:2 (7,23x4,9 m, unos 26x16,5 pies). Las del segundo son más profundas, de proporción superbipartiens tertias (5:3, un cuadrado más dos tercios) y unas dimensiones de 7,51x4,42m, equivalentes a unos 27x16 pies castellanos. Las laterales del tercer y cuarto tramo y también la de la capilla mayor parecen idénticas, de proporción dupla. Sus dimensiones son de 10,03x5,01 metros (36x18 pies), y su relación con las contiguas centrales es 1:2.

La traza en planta de algunos terceletes de las bóvedas que cierran las dos primeras crujías, parecen

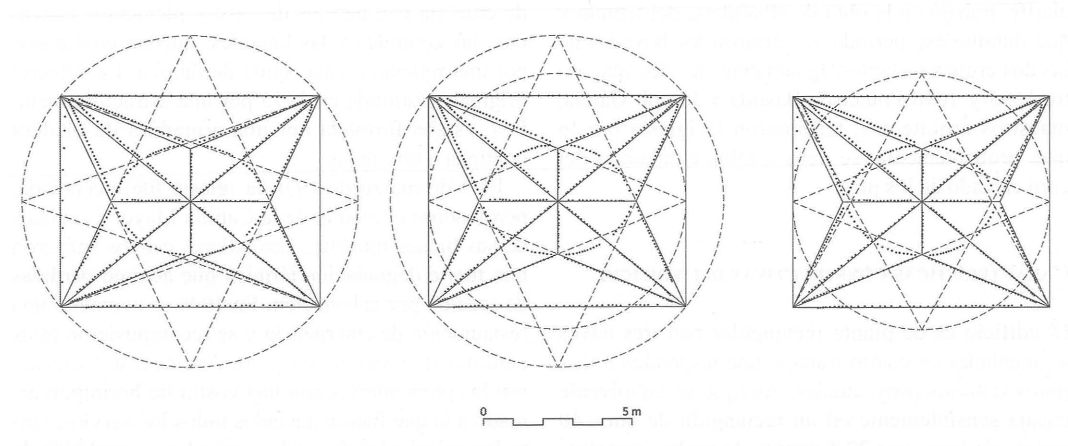


Figura 2
Comparativa de varias propuestas de traza para la bóveda del segundo tramo central (dibujo del autor 2013)

diferir ligeramente de las propuestas reseñadas en los apuntes y manuales de la época. Como en los dibujos de Pedro de Alviz (antes de 1545), Hernán Ruiz (1545-1562 fol. 46v) o Alonso de Guardia (antes de 1560), entre otros muchos, los terceroles convergentes en el eje longitudinal de la nave debieron trazarse tomando como referencia la circunferencia circunscrita al cuadrado de su planta. Sin embargo, para los concurrentes al eje menor parecen haberse dirigido hacia el punto medio del cuadrado de tal forma que las ligaduras de sus claves dibujan una cruz de brazos desiguales. Pero eso no es todo, mientras que en la bóveda de los pies pudo haberse tomado como referencia el lado mayor para el dibujo del círculo inscrito, en el tramo contiguo la referencia podría ser el inscrito del lado menor (figura 2). Se trata, por tanto, de un diseño singular, poco común, aunque su excepcionalidad no radica tanto en la disyuntiva de obtener los terceletes según medianas sino en el hecho de emplear, presumiblemente, reglas geométricas distintas en cada una de las direcciones, solución que, hasta el momento, no habría sido identificada ni publicada, como informa Enrique Rabasa.

Esta excepción, que no resulta apreciable en ninguna otra bóveda de piedra del noroeste murciano, podría repetirse también en la de cinco claves con elementos de yeso que cierra el segundo tramo de la ermita de la Preciosísima Sangre de Cristo (ca.1595) de la misma ciudad, de proporción sexquioctava (9:8) y dimensiones 7,52 x 6,68 m (27 x 24 pies) y, por tanto, casi contemporánea a la anterior aunque de distinta autoría. En este ejemplar, muy mal conservado, los terceletes concurrentes al eje principal de la nave parecen tomar como referencia los puntos medios de los lados. Sin embargo, en los convergentes al eje transversal no se puede afirmar con rotundidad el criterio adoptado. Las deformaciones del elemento dejan abiertas varias posibilidades, entre ellas la señalada.

Aunque escasean las referencias documentales, las investigaciones de campo acreditan el empleo habitual de terceletes según medianas en ambas direcciones sobre plantas perlongadas. En los modelos valencianos de cinco claves, tanto de piedra como de yeso, parece ser un recurso común (Navarro 2004 y Marín 2013) y también era conocido en Castilla (Palacios 2009). En los títulos 140 y 141 de la copia del manuscrito de cantería de Alonso de Vandelvira (1575-1591) conservada en la escuela de Arquitectura de Madrid y tradicionalmente atribuida a Bartolomé Sombigo y Salcedo (inicios del s. XVII), se distingue asimismo un tanteo a punta seca del trazado según medianas como estrategia para cerrar plantas de «rombo igual» y «rombo desigual». Los profesores Miguel Ángel Alonso y José Calvo (2007) lo citan en un artículo casi inédito dedicado a una clave de bóveda de la parroquial de Santa Catalina de Valencia y, más recientemente, han retomado esta cuestión con motivo del análisis de los nervios que tercian los espacios resultantes en las esquinas al implantar bóvedas octogonales sobre planta cuadrada (Rabasa, Alonso, Gil, López Mozo, Calvo y Sanjurjo 2012). Además, ha sido tratado en relación con la bóveda en planta de rombo de la catedral de Tui (Taín, Alonso, Calvo y Natividad 2012).

El empleo del trazado combinado en ambas direcciones podría deberse al intento de salvar algún impedimento práctico para alcanzar el punto de la circunferencia circunscrita, como ocurre habitualmente en la parte del formero por la presencia de los muros de cierre, o para acomodar el trazado de la bóveda sobre alguna planta que se aparta del canon cuando la envolvente plantea numerosos problemas, como en las estudiadas por Vandelvira. Por último, quizás habría que considerar sin más la intención de imprimir cierta direccionalidad a la bóveda diferenciando la dimensión de sus ligaduras. Es una cuestión que, por el momento, queda abierta, a la espera de otros ejemplos que puedan reforzar y hacer evolucionar esta hipótesis.

Las bóvedas posteriores a 1622

El trazado de los terceletes de las bóvedas más tardías, tanto de los tramos centrales como de sus contiguos laterales, se aleja de los anteriores. En este caso, siguiendo posiblemente un criterio modular, el punto de intersección de los ejes de los terceletes parece haber sido determinado mediante la división en retícula del tramo (figura 3), un recurso frecuente en el gótico tardío alemán empleado también en importantes obras castellanas (Palacios 2009, 81). Así, los puntos de cruce de dichos ejes podrían situarse a 1/6 del lado en el caso de las bóvedas centrales sobre planta cuadrada y a 1/8 de la longitud del lado mayor y 1/4 de la longitud del lado menor en el caso de las duplas. Ello implica la definición de rampantes más

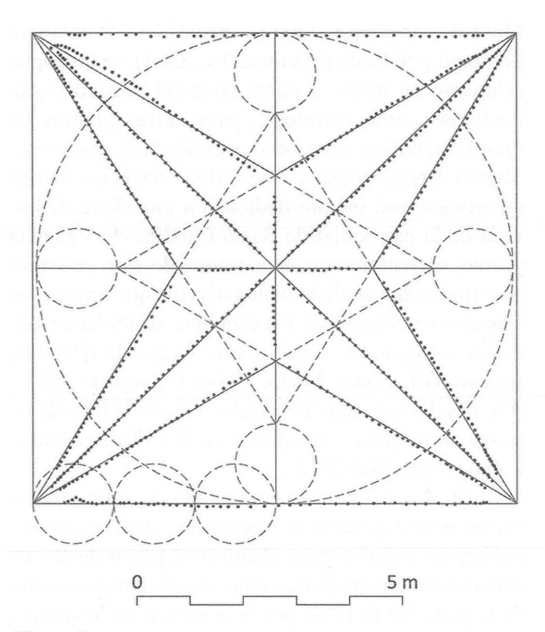


Figura 3
Propuestas de traza para la bóveda del tercer y cuarto tramo central (dibujo del autor 2013)

cortos, y también desiguales, respetando a su manera el criterio fijado por el constructor de los tramos más antiguos, pero recurriendo a diferentes métodos de trazado que dejan impronta visual de la ampliación acometida.

Las elevaciones

Al tratarse de bóvedas ejecutadas con nervios de yeso, susceptibles de fabricación a partir de moldes, la determinación del volumen de la bóveda adquiere aquí una nueva dimensión pues, el virtual empleo de un único radio para la definición de las distintas familias de arcos, podría haber facilitado notablemente el proceso de obtención al requerir virtualmente solo dos encofrados: para piezas de molde recto y molde revirado, respectivamente. Esta posibilidad fue contemplada al observar que todos los nervios de las distintas bóvedas tenían la misma sección transversal.

Al efecto, se ha intentado determinar con la mayor precisión posible el radio del intradós de los arcos mediante procedimientos analíticos, deduciendo el centro de la circunferencia a partir de sucesivas triadas de puntos. Aunque el procedimiento es costoso y de resultado siempre incierto habida cuenta de las deformaciones acumuladas por los arcos, el abanico de soluciones obtenido en cada caso ha permitido deducir un valor medio del radio aceptablemente fiable y suficientemente útil al exclusivo objeto de comparar los distintos arcos para detectar coincidencias. Para determinar el grado de confianza en los resultados se ha procedido, además, a su contraste gráfico con los datos topográficos de partida teniendo presente su aproximación a un número entero de pies o palmos y su relación con otras dimensiones relevantes de la bóveda. Este mismo procedimiento ya ha sido utilizado anteriormente con cierto éxito en otros trabajos para la obtención del radio de trazado de arcos estructurales que han sufrido desplomes y deformaciones significativas.

Con este método se concluye que, en el caso de la bóveda de nueve claves, los radios de intradós de los cruceros y los de las ligaduras parecen idénticos (5,43 metros, unos 19,5 pies castellanos), aproximando visualmente la geometría del elemento a la esfera. Esta hipótesis se alejaría del criterio seguido por Hernán Ruiz, pero coincidiría con el de Gil de Hontañón, aunque esta propuesta ha sido entendida por algunos investigadores como una simplificación de carácter didáctico. Finalmente, todos los terceletes parecen tener un radio cercano a los 5,01 m. (18 pies). El resultado es una bóveda «de pañuelo», particularmente evidente por su trasdós.

En la bóveda del segundo tramo, que parece ser del mismo tracista a la vista de las coincidencias métricas detectadas en las elevaciones, los radios de los cruceros y de las ligaduras parecen coincidir con los del ejemplo anterior (unos 19,5 pies), mientras que los terceletes se aproximan a dos medidas distintas de 4,73 y 5,01 m (17 y 18 pies, respectivamente), la segunda de ellas idéntica a la del ejemplo anterior. Sobre las dimensiones del crucero, en realidad, se plantean algunas dudas pues también existían coincidencias en el entorno de los 5,69m. de radio. Esta segunda hipótesis conduce a un trazado de medio punto mientras que la primera conlleva aceptar la definición del nervio a partir de dos semicircunferencias (figura 4).

Esta posibilidad ha sido ya contemplada en otros ejemplos, concretamente, en los cruceros de yeso del segundo tramo de la capilla de Santa María de Xàtiva

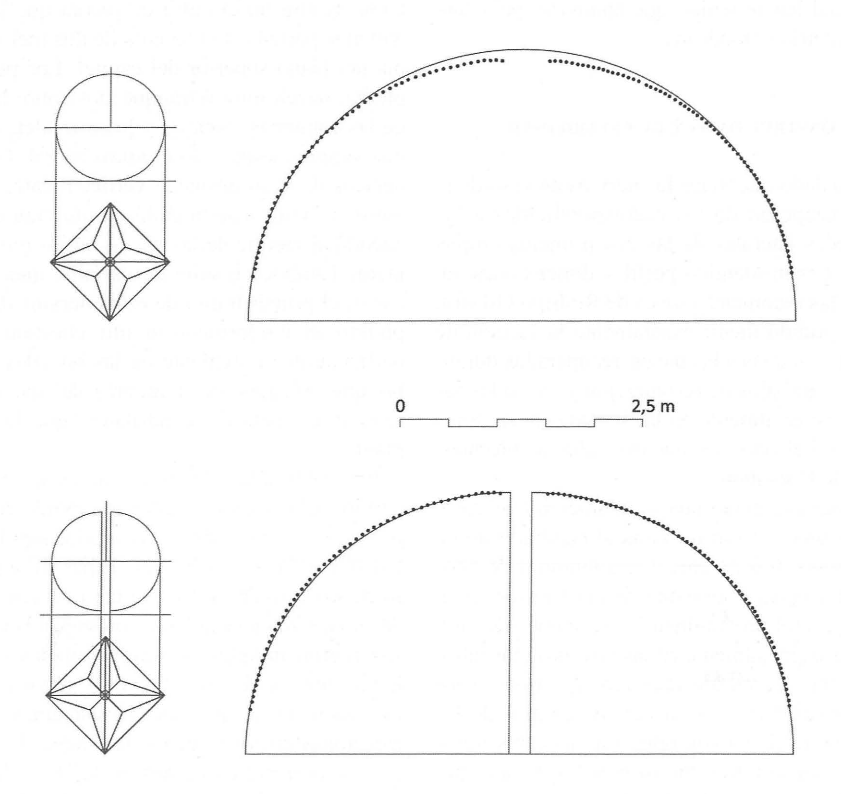


Figura 4
Elevación del crucero del segundo tramo central. Hipótesis de trazado (dibujo del autor 2013)

(Marín 2013) y en los de la Sala dei Baroni de Nápoles, de Guilem Sagrera estudiada por Rabasa (2012). La primera y la última tienen en común su deficiente estado de conservación con motivo de un incendio, pero en el segundo caso, el elemento ha podido ser medido con precisión y, difícilmente, se puede achacar la cota de la clave a un cedimiento estructural. La distancia entre los centros de trazado coincide, aproximadamente, con las dimensiones de la clave polar, lo que sugiere quizás alguna intencionalidad ligada al proceso de ejecución y, más concretamente, al deseo de reutilizar las cimbras, como parece ocurrir también en la iglesia de la Magdalena.

En las dos bóvedas restantes del espacio central se observa que la curvatura del intradós de sus arcos cruceros, ligaduras y terceletes laterales, todos muy deformados, parecen converger hacia una medida única de entre 6,12 y 6,26 metros (entre 22 y 22,5 pies). Aunque la gran deformación de los terceroles dificulta enormemente establecer una hipótesis de trazado, el radio de los concurrentes al eje longitudinal podría aproximarse a los 5,01 m. El resultado es una cáscara fuertemente peraltada en el entorno de los cruceros, con unas pendientes muy pronunciadas en el tendido de plementos entre éstos y los terceletes y cuatro potentes «lunetas» levemente tendidas, con un aspecto más próximo a una bóveda de arista que a una esfera.

Finalmente, sus contiguas, las crucerías de la cabecera y de los tramos laterales, igualmente podrían estar resueltas a partir un mismo radio. En esta ocasión, casi todos los arcos rondan los 5,01 metros (unos 18 pies), a excepción de los terceletes concurrentes en el eje transversal, con radio de 4,73 m (17 pies). Esto ha ocasionado que las ligaduras que forman rampan-

te longitudinal hayan tenido que apuntarse para forzar una geometría redondeada.

Aspectos constructivos y de estabilidad

Ya se ha señalado que todos los nervios de yeso de la iglesia, a excepción de los correspondientes a las cuatro bóvedas laterales de las dos primeras crujías de los pies, tienen idéntico perfil y dimensiones, en oposición a las recomendaciones de Rodrigo Gil (fol. 23r). Se ha podido medir exactamente la sección de varios nervios gracias a las piezas recuperadas durante los últimos trabajos de restauración y, en todos los casos, pero especialmente en las bóvedas posteriores a 1622, las esbelteces son mayores que las propuestas por Gil de Hontañón.

Las dovelas presentan una molduración clasicista, encajada en una sección próxima al cuadrado de un palmo de lado (20 ó 21 cm) y una longitud de unos 45 cm, equivalentes a poco más de dos palmos castellanos. En general predominan las secciones de molde cuadrado, especialmente en las bóvedas más tardías. Los perfiles de molde revirado se limitan a los terceletes y combados de la bóveda central de los pies y terceroles de su contigua. En sus caras transversales cuentan con tres zurcos radiales de unos dos o tres centímetros de profundidad. Las superficies laterales y el lecho inferior conservan numerosos restos de policromía de una tonalidad rojiza, quizás almagra. Su núcleo contiene numerosas piezas de piedra caliza de tamaño mediano.

Probablemente, las dovelas fueron obtenidas mediante un procedimiento mixto que combinaba la formación de sólidos capaces a partir de moldes, e incluso la fabricación en serie de piezas terminadas, con las técnicas de talla propias de la cantería en el caso de los elementos singulares o de mayor complejidad. Aunque este aspecto no ha podido ser analizado con detalle en este edificio por el elevado grado de deterioro de sus piezas, muy retocadas durante los trabajos acometidos en 2002, se dispone de numerosas evidencias de otros edificios levantinos de similar factura.

Este procedimiento de elaboración mediante técnica mixta parece particularmente evidente en los jarjamentos. Aunque la pátina pétrea hace desconfiar de las juntas marcadas, visualmente se intuye que están formados por piezas independientes, recortadas y trabadas contra un cilindro de piedra que da continuidad al soporte hasta una cota de dos metros por encima del plano superior del capitel. Los perpiaños, de piedra, nacen muy retranqueados sobre los capiteles de las columnas toscanas y los formaletes se reducen una simple moldura en el muro lateral. Los haces de nervios de yeso arrancan verticalmente, muy juntos entre sí, pero manteniendo su individualidad, recurriendo al recorte de las piezas en los puntos de contacto. Tampoco resulta descartable que, en algunos casos, el primer tramo de estos nervios de yeso haya podido ser conformado in situ, cuestión que resulta particularmente evidente en las bóvedas laterales en las que, además, el encuentro del haz de produce muy atrás, fuera del cuadrilátero que la delimita en planta.

En cuanto a las claves, al igual que ocurre con los nervios, conviven elementos de molde cuadrado (las polares) con otros de eje revirado, siendo de mayor tamaño en las dos primeras crujías. El grave deterioro de las bóvedas y las fuertes intervenciones sufridas no permiten establecer con seguridad si estas piezas fueron talladas o confeccionadas en el propio lugar, una vez descimbrados los nervios. Aunque las escasas imágenes previas a la restauración y las incorrecciones en los ángulos de ataque de los nervios, particularmente evidentes en las bóvedas laterales, parecen apuntar hacia la segunda hipótesis no habría que descartar incluso un procedimiento mixto. Estos y otros supuestos han podido ser documentados en otras bóvedas similares conservadas en Xàtiva.

Durante la restauración de 2002 se pudo recabar desde un andamio algo de información relativa a la disposición por el intradós de las plementerías de la bóveda central del segundo tramo. Los cascos son tabicados de una hoja, con ladrillos de 24x11 cm. El gunitado de hormigón armado vertido por el trasdós impide conocer el espesor total de la cáscara. Sin embargo, en la bóveda lateral del segundo tramo, resulta claramente visible la existencia de un vertido sobre el tabicado, a base de mampuestos, árido y mortero de yeso de unos 20 cm. de espesor. Tal observación, no obstante, podría no resultar común a las bóvedas posteriores a 1622, aunque el edificio evidencia un empleo restrictivo del ladrillo, muy escaso en el área.

Los plementos tendidos entre los nervios del lado de la Epístola tienen sus ladrillos dispuestos de manera atípica, con las sogas alineadas en paralelo a los

nervios cuando lo habitual en las bóvedas levantinas era disponer los ladrillos en el sentido opuesto. La agrupación de recortes de piezas en los encuentros con el crucero y en los flancos exteriores de los terceroles sugiere un método de ejecución, sin cimbra, similar al de formación de una bóveda de escalera, convirtiendo en primer lugar al fajón y seguidamente al tercelete en el principal apoyo del abovedado durante la construcción. Dado que ninguno de los nervios tiene «cola» —son prácticamente inexistentes en la arquitectura levantina— la plementería forma un abovedado continuo que tiende a sustentarse con autonomía de los cruceros y terceletes, lo que sin duda se ha visto favorecido por la excesiva delgadez de estos y la escasa resistencia a compresión del yeso, que acrecienta la deformación de los arcos cuando se forman rótulas plásticas. También se ha podido constatar un ligero descuelgue (de 1 a 4 cm.) de los nervios con respecto a los plementos, algo por otra parte habitual en muchos ejemplos de piedra. En cualquier caso, se confirma el imprescindible carácter previo de los nervios como definidores de la geometría y sostén constructivo del tendido de ladrillo.

La inspección por el trasdós revela el relleno de las enjutas hasta algo más de la mitad de la altura de la bóveda, pero no arroja información sobre la naturaleza del relleno (figura 5). En los ejemplos de yeso localizados en Valencia la práctica más extendida consistía en arriostrar contra el muro los arranques de los nervios con muretes de medio pie de ladrillo. También se recurría al relleno con ollas y mortero o se tendían tabicados rebajados para evitar sobrecargas excesivas. De las bóvedas murcianas de albañilería, sin embargo, apenas se dispone de información. Escasean los ejemplos y muy pocas de ellas han sido intervenidas.

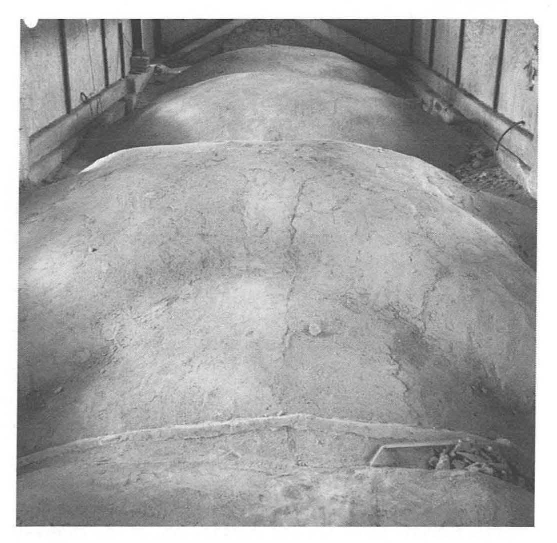


Figura 5
Trasdós de las bóvedas del espacio central. En primer plano, la bóveda del tercer tramo. Al fondo, las dos más antiguas, situadas a los pies (fotos del autor 2013)

Conclusiones

Las dos bóvedas más antiguas repiten modelos muy comunes en el antiguo Reino de Valencia, donde se localizan los antecedentes más antiguos, que debieron llegar a la comarca hacia el último cuarto del siglo XV (Marín 2013). La bóveda de cinco claves con terceletes de la antigua capilla de la Vera Cruz de Caravaca, cerrada hacia 1578 y hoy desaparecida, parece ser el ejemplo más antiguo al que le siguen muy de cerca las que cerraban la ermita de San Sebastián de Cehegín (ha. ¿1495?).

Los escasos datos históricos conservados apuntan a que, en su definición, intervinieron maestros canteros, contando para la ejecución con ayuda de alarifes. Las bóvedas más antiguas podrían haber sido trazadas por el cantero Juan de Praves y construidas, total o parcialmente, por algún alarife local, sucesor de Ginés de Gea. De forma análoga, en las más tardías, habría participado el maestro albañil Francisco Marín Monsalve, no siendo posible asignar con seguridad la autoría de su traza a ningún cantero.

Las soluciones analizadas parecen respetar escrupulosamente las reglas de la cantería, tanto en su definición geométrica como en los procedimientos de construcción. Aunque en momentos puntuales se han aprovechado las ventajas del yeso frente a la piedra (definición de los enjarjes y claves, retoques o el cierre de las plementerías) no se evidencia ningún avance hacia la estandarización, a pesar de las claras posibilidades que ofrecen ambos sistemas. La combinación de secciones cuadradas y reviradas y las hipótesis planteadas en relación con los radios de los arcos, a pesar del innegable grado de incertidumbre que encierran, evidencian el desconocimiento o la renuncia a la denominada «estandarización inglesa», procedimiento que, mediante el tendido o peralte de los centros de trazado posibilita el empleo de un mismo radio para todos los

arcos de la bóveda. Este sistema, escasamente utilizado en España, hábilmente combinado con la fabricación mediante molde de un formato único de dovelas para todos los arcos de iguales características hubiera supuesto una importante simplificación del proceso favoreciendo, además, la reutilización de las cimbras cuyos plazos de empleo se reducen aquí drásticamente aumentando los ciclos de uso previo a la fatiga del material. Sin embargo, en algunas de las bóvedas, ni siquiera parecen coincidir los radios de los terceletes opuestos, evidenciando la pervivencia del estilo tardomedieval de la construcción con piedra, con la peculiar vibración que transmiten sus características imperfecciones.

Los trabajos de restauración recientemente acometidos en el claustro de Santo Domingo de Xàtiva reflejan que la obtención de dovelas de yeso tiene sus propias reglas y requiere de mano de obra especializada, no solo en el trabajo de las mezclas sino también a la hora de tallar las piezas. Aunque consta el uso tradicional del yeso para la talla de modelos a escala, para la exploración de nuevas trazas y en la formación los aprendices (Calvo 2000), esto no resulta exactamente equiparable con la construcción de bóvedas de hasta nueve metros de luz que, además, deben perdurar en el tiempo.

Por último, las diferencias con los ejemplos de piedra también abarcaron el ámbito estructural posibilitando la depuración del sistema abovedado hacia otros modelos más acordes con la corriente clasicista. La mayor ligereza de los nervios y su combinación con plementerías tabicadas dio paso a secciones más esbeltas con claves menos pesadas y arriostramientos puntuales, dispuestos justo donde eran necesarios.

Notas

1. Durante la excavación arqueológica de 2002 se recuperaron algunas dovelas de la primitiva construcción hoy conservadas en el museo municipal. Asimismo, son visibles otras muchas en los tramos superiores de los contrafuertes, bajo la cubierta.
2. AHN OO.MM. AJT, Mss. Santiago, libro 1085. fol. 803. Juan de Praves acude a Cehegín por mandato de los visitadores de la Orden de Santiago
3. AMCh, A.C. 1546-52., 2/12/1548 y 14/12/1548.
4. AMCh, A.C. Sección 1,2,1. 31/01/1555.
5. AMCh, A.C. 1211/1604.
6. AMCh, A.C. 1609-16, fol. 710 1/01/1613.
7. AMCh, A.C. 1620-25, fol. 20-21. 24/01/1622.

Lista de Referencias

Alonso Rodríguez, Miguel Ángel y José Calvo López. 2007. «Una clave de bóveda de la iglesia de Santa Catalina de Valencia». *Http://www.gothicmed.es*. Valencia: Gothicmed, versión digitalizada.

Bechmann, Roland. 1981. *Les racines des cathédrales*. Paris: Payot.

Calvo López, José. 1999. *Cerramientos y trazas de montea de Ginés Martínez de Aranda*. Tesis doctoral inédita. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Gutiérrez-Cortines Corral, Cristina. 1987. *Renacimiento y Arquitectura religiosa en la Antigua Diócesis de Cartagena*. Murcia: Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos.

Marín Sánchez, Rafael. 2013. *Bóvedas de crucería levantinas de los siglos XV y XVI con nervios prefabricados de yeso. Análisis técnico*. Valencia: Pendiente de publicación.

Navarro Fajardo, Juan Carlos. 2006. *Bóvedas de la arquitectura gótica valenciana*. Valencia: Universitat de València.

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2009. *La cantería medieval: La construcción de la bóveda de crucería moderna*. Madrid: Munilla-Lería.

Rabasa Díaz, Enrique et al. 2012. «The 100 Ft Vault: The Construction and Geometry of the Sala dei Baroni of the Castel Nuovo, Naples». *Actas del IV Congreso Internacional de Historia de la Construcción*. París.

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Traza y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.

Taín Guzmán, Miguel et al. 2012. «Stonecutters' literature and construction practice in Early Modern Gothic: the tracings for a rib vault at the Cathedral of Tui in Galicia». *Construction History*, Vol. 27, 1-22. Londres: Construction History Society.

Vandelvira, Alonso de. S.XVII. *Libro de Traças de cortes de Piedras*. Manuscrito. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura. (Versión digitalizada: Colección Digital de la UPM, http://cdp.upm.es/)

Willis, Robert. 1842. *On the construction of the vaults of the Middle Ages*. Transactions of the RIBA, vol. I, parte II. London.

Iglesias fortificadas del Reino de Granada

Mariano Martín García

La enorme inseguridad de toda la costa mediterránea a lo largo de los siglos XVI y XVII, en especial en la parte del sureste peninsular, motivó que la franja litoral de las actuales provincias de Almería, Granada y Málaga estuviese escasamente poblada. Prácticamente, próximas al mar, no existían más poblaciones en la parte S de esta zona que Estepona, Marbella, Fuengirola, Málaga, Vélez Málaga, Almuñécar, Salobreña, Motril, Adra y Almería, mientras que en la E, sólo encontramos Mojácar, Vera y Cuevas del Marqués (Las Cuevas o Cuevas de Vera, hoy Cuevas del Almanzora). Después de la primera sublevación de los moriscos de 1500, abunda la bibliografía en la que se documentan, durante todo el siglo XVI, los desembarcos de corsarios berberiscos y turcos. En algunos casos, estos desembarcos y los desmanes cometidos después en las poblaciones cercanas a la costa, estaban ayudados, desde el interior, por los monfíes. El saqueo de Tahal, Cuevas del Almanzora, Notáez o la cabalgada de Inox, vino a confirmar que la situación de inestabilidad no acabó con el extrañamiento de los moriscos y que el dispositivo defensivo costero estaba muy lejos de funcionar correctamente. Además, la presencia de los monfíes en el interior fue un obstáculo en los comienzos del proceso repoblador.

Pero no solamente el peligro acechó en este siglo las costas del antiguo Reino de Granada, sino que, en algunos casos, continuó y se intensificó en el siguiente, el siglo XVII. Los ataques consumados fueron más numerosos en la primera mitad de la centuria y se intensifican en el periodo comprendido entre 1615 y 1621, véase como ejemplo el saqueo de la villa de Adra en 1620. La noticia del ataque a esta población costera causó una auténtica conmoción en todo el Reino de Granada y, especialmente, en las poblaciones situadas próximas a la costa. A finales de ese mismo año se esperaba un ataque a la ciudad de Almería y en el siguiente a la de Málaga. Incluso en 1640 es atacada y saqueada la villa de Gualchos. Es posible que la explicación a este incremento de ataques en las primeras décadas de este siglo, estuvieran en el empeoramiento de las relaciones con el área norteafricana por la definitiva expulsión de los moriscos españoles. En cuanto a la identificación de los atacantes, aunque la mayoría se denominan como turcos o berberiscos, también hay que tener en cuenta la amenaza de nuestro litoral por parte de expediciones de signo europeo, como ingleses, holandeses y franceses.

La cristianización del antiguo reino musulmán, trae consigo que, tras un periodo en el que las antiguas mezquitas son utilizadas para el culto católico, se decida la construcción de nuevas iglesias, por lo que, en 1501, se promulga una Bula para la Erección de las Iglesias del Arzobispado de Granada, haciéndolo en 1505 las de las diócesis de Almería, Málaga y Guadix, en las que se relacionan los templos que se han de levantar desde entonces. Es por tanto, a partir de esta fecha, cuando se fundan la mayor parte de las iglesias del antiguo Reino de Granada, construyéndose en los años posteriores, si bien, podríamos decir

que la mayor parte de ellas están ya edificadas cuando se produce la sublevación de los moriscos de 1568-1570.

Intentamos presentar en esta comunicación una tipología de iglesias rurales, bien definida y prácticamente inédita, construidas a partir de las mencionadas Bulas de Erección, abundantes, al menos y por este orden, en las costas de las provincias de Almería, Granada y Málaga y que, además de ofrecer los servicios religiosos a estas poblaciones, sirvieron de refugio y defensa ante los abundantes ataques, tanto de monfíes como de piratas y corsarios turcos y berberiscos. Téngase en cuenta, por otra parte, la diferencia numérica en cualquier pueblo o alquería entre la población morisca y los repobladores cristianos viejos venidos de otros lugares de la península, al menos en estos primeros años tras la conquista.

Otro claro ejemplo de iglesias construidas para la defensa, si bien fuera de la estructura formal de los templos anteriores, lo constituyen las iglesias-fortaleza de Vera, Mojácar, Adra y Motril, emplazadas en los núcleos de población más cercanos a la costa en el siglo XVI, aunque pudieron existir más ejemplos, hoy día irreconocibles por las transformaciones sufridas posteriormente, como puede ser el caso de la de Almuñécar o alguna otra más de la costa malagueña. Edificadas en su conjunto no sólo para el culto, sino también con una clara intención defensiva de la población, al igual que las Catedrales de Almería y Málaga. Estos núcleos urbanos, junto con el de Níjar, eran los enclaves de los presidios para la defensa de la costa del Reino de Granada.

La sublevación de los moriscos de 1568 marcaría un antes y un después en la historia de estos templos, muchos de los cuales fueron parcialmente destruidos, saqueados e incendiados ya que sirvieron como refugio a los cristianos viejos del lugar. La mayoría de ellos, tuvieron que ser restaurados o reconstruidos a partir de 1570, fecha en la que finaliza el levantamiento, de ahí, por ejemplo, que varias de estas iglesias de la diócesis de Almería ostenten sobre su puerta de acceso el escudo del obispo de Almería Antonio Corrionero (1558-1570). A partir de esta fecha y con la repoblación del territorio por colonos venidos de otras tierras, las poblaciones fueron creciendo, sobre todo las más alejadas de la costa que ofrecían más seguridad, siendo necesaria, por quedarse pequeñas, la ampliación de la mayor parte de ellas durante los siglos XVII y XVIII.

Algunas iglesias, en cambio, fueron demolidas y sustituidas por otras construcciones, más acordes con la nueva liturgia de la contrarreforma. En otros casos, los templos se han perdido al quedar abandonados los pueblos tras la expulsión de los moriscos y ser repoblados años más tarde, sustituyendo, en todo o en parte, la antigua iglesia, lo que las ha hecho irreconocibles. Otro grupo, lo constituyen aquellas iglesias que, aun conservando su planta original, han sido remodeladas y decoradas en tiempos posteriores.

Por último, otro grupo lo forman las iglesias que han llegado a nuestros días tal y como quedaron después de 1570, dado que, o no llegaron a repoblarse o lo hicieron con pocos habitantes y por un corto espacio de tiempo, debido a su situación próxima al mar o en lugares excesivamente agrestes, como son los casos de Teresa (Turre), Iniza (Paterna del Río) y Serena (Bédar), todas ellas en la provincia de Almería. Éstas son las únicas que no han sufrido intervenciones posteriores al siglo XVI, por lo que sus restos puede decirse que son los más originales y los que nos han servido de muestra para el presente estudio. Dentro de este grupo, estaría también la iglesia de Inox (Níjar), de la que actualmente quedan pocos restos, pero muy significativos y la de Cabrera (Turre), abandonada, quizás, a principios del pasado siglo y hoy día dedicada a una actividad muy distinta para la que se construyó.

Tras estas evidencias que ya fueron puestas de manifiesto por nosotros en algunas publicaciones[1], nos pusimos a comprobar la existencia de una tipología que, por las características que describiremos a continuación, hemos denominado «Iglesias fortificadas». Para ello hemos visitado los templos de todas las poblaciones de la franja costera de las provincias de Almería, Granada y Málaga, incluyendo las que se encuentran en su zona de influencia, dada su proximidad al mar y, por tanto, con riesgo de sufrir incursiones de piratas y berberiscos, como son las comarcas de los Montes de Málaga, la Axarquía malagueña y la Alpujarra granadina y almeriense. En total, han sido más de 200 los pueblos visitados, comprobando si en sus iglesias quedaban restos de la tipología que estudiamos. Lógicamente, los resultados y conclusiones de dicho estudio no tienen cabida en la extensión de la presente comunicación, aunque si daremos un ligero esbozo de las pautas obtenidas partiendo de los restos materiales que nos han queda-

do de las primitivas iglesias mencionadas, que nos ha llevado a plantear una hipótesis de tipología de iglesia muy sencilla y de pequeño tamaño, dada la escasa población tanto de repoblación como morisca que la mayor parte de ellas tuvieron.

Rasgos característicos de esta tipología de iglesias

Todas las Iglesias de esta tipología disponían de planta de cajón, con unas dimensiones medias de 18,00 x 7,00 metros. Su cubrición podría estar realizada, dadas sus escasas dimensiones, bien con armadura de cubierta, generalmente a dos aguas, o bien con terraza plana. La mayor parte de la bibliografía existente sobre el tema de la construcción de iglesias en el siglo XVI, nos han dado a entender que, tras la conquista del Reino de Granada, todas ellas, fuera cual fuese su planta y dimensiones, estuvieron cubiertas desde un principio con armaduras de madera, más o menos complicadas, si bien suponemos que la mayor parte de ellas debieron ser a dos aguas, debido a su menor coste.

Teniendo en cuenta los restos de iglesias que han quedado en lugares despoblados, especialmente en la provincia de Almería, ponemos en duda el hecho de que todos los templos construidos en esta época estuvieran cubiertos con armaduras de madera. No queremos decir con esto que no se cubrieran las iglesias de una sola nave con armaduras o, incluso que no se construyeran otras con tres naves, pero no fueron todas y menos en la zona costera del antiguo Reino de Granada. Creemos que, aparte del grave problema que para las autoridades suponía la defensa de la costa, la dificultad de cubrir estas iglesias con armadurasera triple en esa época: no habría dinero para construir tantas iglesias al mismo tiempo, no habría madera suficiente para hacer todas las cubiertas de esas iglesias con este material y no habría suficientes carpinteros para ejecutar esas armaduras. No podemos dar por hecho cierto que todos los templos construidos en estos primeros tiempos y sobre todo los que se encontraban próximos a la costa,debido al problema de la defensa de la poblacióncristiana vieja contra los ataques de corsarios, piratas y berberiscos ya mencionado, fuesen construidas sus cubiertas con armaduras de madera desde un principio.

Podemos suponer, entonces, que en estos primeros años se construyeron iglesias con techos planos, lo que hacía más fácil y económico el trabajo de constructores y carpinteros y, al mismo tiempo, en la zona costera que nos ocupa, aumentaba el carácter defensivo y de refugio de las propias iglesias. Aunque tenemos datos históricos de iglesias alpujarreñas con cubiertas planas (Gómez-Moreno Calera 1989, 189), imitando los terrados de las antiguas mezquitas, elemento que luego se ha conservado como parte de la arquitectura tradicional de la zona, no ha llegado a nosotros ninguna con esta característica.

Solo podemos intuirlo en la diferencia de materiales que muestran algunas iglesias, en uso o de poblaciones abandonadas pocos años después de la sublevación de los moriscos, si no lo fueron en el mismo momento del alzamiento. Dichos restos, visibles tanto en el interior como en el exterior de los muros frontal y posterior de dichas iglesias, presentan fábricas de mampostería distintas en su parte baja, hasta la cornisa existente en las fachadas laterales y en los hastiales o piñones que los coronan, prueba evidente de que la cubierta a dos aguas fue colocada tiempo después de la construcción del templo.

El ejemplo más claro lo podemos ver en la abandonada iglesia del despoblado de Teresa (Turre, Almería), en el que no solamente se aprecia distinta fábrica entre ambas partes de los muros de la fachada principal y posterior, sino distintos tipos y tamaños de los mampuestos y distinto mortero de cal (figuras 1 y 2). El caso de la iglesia del despoblado de Iniza (Paterna del Río, Almería), es aún más evidente,



Figura 1
Iglesia del despoblado de Teresa (Turre). Fachada principal (foto del autor 2011)

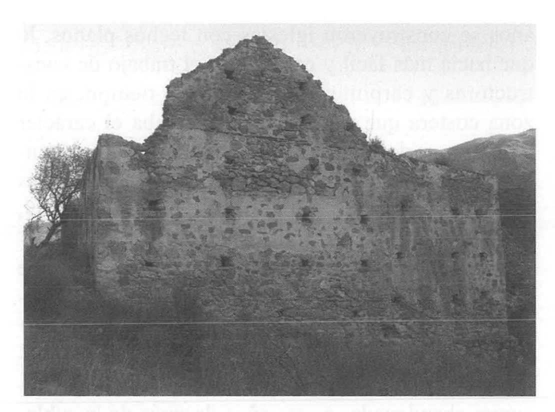


Figura 2
Iglesia del despoblado de Teresa (Turre). Fachada posterior (foto del autor 2011)



Figura 4
Iglesia del despoblado de Iniza (Paterna del Río). Coronamiento de los muros (foto del autor 2013)

dado que aquí no hay resto alguno de la existencia del hastial, habiendo quedado sus restos «en alberca», con sus cuatro muros enrasados en su coronamiento y sin que hayamos podido encontrar resto alguno de teja en sus alrededores, lo que nos puede indicar que no llegó a tener una cubierta inclinada (figuras 3 y 4)[2]. Existen otros ejemplos de iglesias, aún en activo que, por tener sus fábricas de mampostería vistas, es perfectamente visible la distinción entre ambas partes del muro, como es el caso del templo de la población almeriense de Vícar (figura 5). Incluso, en la iglesia del despoblado de Serena (Bédar, Almería), a pesar de que parte de su fábrica está enfoscada con mortero de cal, el hecho de haberse abandonado muy tempranamente y haber sido utilizada posteriormente como molino hasta tiempos recientes, hace que se observe esta diferencia en sus fábricas en ambas fachadas, principal y posterior (figuras 6 y 7).

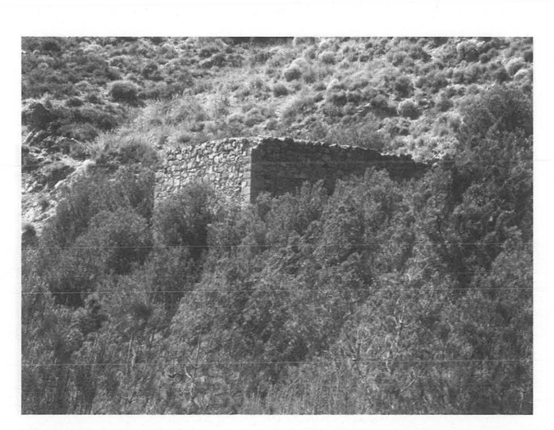


Figura 3
Iglesia del despoblado de Iniza (Paterna del Río). Fachadas sur y este (foto del autor 2013)



Figura 5
Iglesia de Vícar. Fachada principal (foto del autor 2012)



Figura 6
Iglesia del despoblado de Serena (Bédar). Fachada principal (foto del autor 2011)

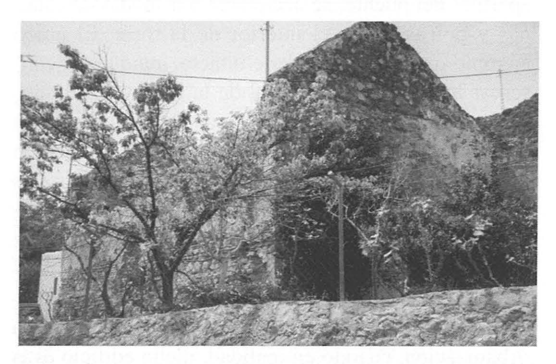


Figura 7
Iglesia del despoblado de Serena (Bédar). Fachada posterior (foto del autor 2011)

En el caso de disponer de terrazas planas, la cubierta podía estar formada, dependiendo de su anchura, por alfarjes de uno o dos órdenes. En el primero de los casos, iglesias que disponían de una estrecha nave, las viguetas escuadradas se colocaban paralelas apoyando directamente en los estribos que coronaban perimetralmente los muros laterales del cajón, siendo estos normalmente de mampostería. Cuando se pretendía dar más anchura al templo, se empleaban alfarjes de dos órdenes, apoyando jácenas en los durmientes sobre los muros laterales ycolocando las jaldetas en sentido perpendicular a aquellas, montando sobre ellas la tablazón que haría de encofrado para la colocación de una gruesa solera de mortero, muy rico en cal, que serviría de pavimento a la terraza. Podría darse el caso de sustituir las vigas maestras por arcos fajones, trasdosados en horizontal y sobre cuyas fábricas montarían las viguetas o jaldetas. En este último caso, estos arcos perpiaños solían presentar contrafuertes al exterior. Estas cubiertas planas, debían tener un ligero desnivel hacia las fachadas laterales para poder evacuar el agua de lluvia mediante sencillas gárgolas que podían estar formadas por una simple teja. También, debían estar rodeadas de un alto parapeto, provisto de aspilleras para la defensa.

Incluso en el siglo XVII se continúa con el criterio de construir terrazas planas en la parte superior de las naves de las iglesias de esta zona costera, tanto en las de nueva planta como en ampliaciones de otras anteriores. Es el caso, por ejemplo, de la de nueva planta de Almuñécar y las ampliaciones del transepto y capilla mayor en las de Motril y Adra, las tres proyectadas por el arquitecto Ambrosio de Vico, maestro mayor de la Catedral de Granada.

En otros casos se construyen techos con bóvedas de cañón sobre arcos perpiaños, evitando así, como nos indica la documentación de la época, que las estructuras de madera pudieran ser quemadas por los moriscos. En tiempos de la sublevación, en la provincia de Granada solo disponía de este tipo de cubierta la iglesia de Cádiar.

Todas las estudiadas disponían de una torre fuerte con terraza que era la que daba a la iglesia el aspecto de fortaleza. Ésta disponía de una o varias plantas, cubiertas por bóvedas de cañón o de aristas, adosada a uno de los muros laterales del templo y que, al estar situada en su cabecera, al mismo tiempo que se usaba como sacristía, servía también, en caso de necesidad, para resguardo y defensa de la población, por lo que es éstala que da a las iglesias el carácter propiamente defensivo. Su altura varía de unas a otras, si bien todas son algo más elevadas que las cornisas exteriores de las fachadas del templo. Aunque no tengamos documentación que lo confirme, es posible que, en algunos casos, en la cubierta de estas torres se colocase algún tipo de artillería, aunque fuera de pequeño calibre, hecho que pudo motivar el gran espesor de sus muros y el que sus techos estuviesen abovedados. Esta doble función es la que nos ha llevado a clasificar los templos aquí estudiados dentro de la tipología de iglesias fortificadas.

En algún caso hemos podido encontrar escaleras en el interior de estas torres, posiblemente construi-

das tiempo después al levantarseel último cuerpo de campanas. En los primeros tiempos sólo debió haber espadañas sobre las terrazas de estas torres para la instalación de pequeñas campanas, tal como hoy vemos en la iglesia de Vícar. La torre de la iglesia del despoblado de Teresa (Turre), población abandonada a finales del siglo XVI y que al parecer solo tenía una planta de altura, no dispone de escalera de acceso a la terraza superior de la misma, aunque sí se puede observar una abertura abierta en un extremo de su bóveda de cañón de sillería, de forma cuadrada y de unos 40 cm de lado que bien pudo utilizarse para subir la munición almacenada en la planta baja, o sea, en la estancia que hacía las funciones de sacristía o bien por donde pasaban las cuerdas para el toque de las campanas. En el caso de la iglesia del despoblado de Iniza (Paterna del Río), cuya torre disponía de dos plantas más terraza, siendo los forjados intermedios de alfarjes de un orden, tampoco se observan restos aparentes de la existencia de una escalera de acceso al primer piso de la misma, existiendo un hueco de paso a la altura de la primera planta por encima de la que daba paso a la sacristía (figura 8). Esto nos hace pensar en la posibilidad del acceso a la planta alta de la torre desde la nave, mediante una escalera de mano, que se pudiera recoger para dejar aislados en la planta alta de la torre y la terraza a los asediados.

Figura 8
Iglesia del despoblado de Iniza (Paterna del Río). Huecos de acceso desde la nave a las dos plantas de la torre (foto del autor 2013)

En algunos casos, estas torres se presentan exentas, o sea, separadas de la nave de la iglesia por un espacio descubierto, pasándose de una a otra a través de un puente levadizo cuyo mecanismo, una vez cerrado, cubría a modo de puerta el vano de entrada a la torre y cuando se abría, el extremo opuesto descansaba en el borde de la terraza superior de la nave de la iglesia. El mecanismo de torno, para el cierre y apertura del puente, se accionaba por medio de cadenas y poleas desde el interior de la torre. El único ejemplo que nos ha quedado intacto, aunque sin conservar los mecanismos, es el de la iglesia del despoblado de Cabrera (Turre) (figuras 9 y10). Este caso es muy singular, dado que a esta torre construida con fábrica de mampostería con las esquinas reforzadas con sillares y provista de aspilleras y puente levadizo, la tradición la ha considerado como el alminar de la antigua mezquita y que los restos de ésta corresponden al edificio situado próximo a ella y hoy destinado a restaurante y apartamentos de una moderna urbanización, cuando en realidad, dicho edificio es la nave de la antigua iglesia del despoblado de Cabrera, de la que se conservan tres de sus muros, habiendo perdido el del lado E. A pesar de esta transforma-

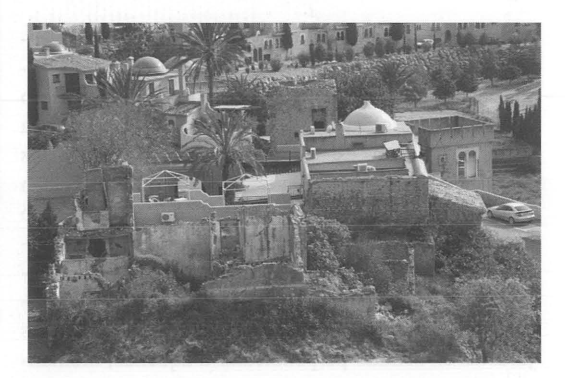


Figura 9
Iglesia del despoblado de Cabrera (Turre). La antigua iglesia con la torre exenta detrás (foto del autor 2011)



Figura 10
Iglesia del despoblado de Cabrera (Turre). La torre exenta y la esquina SO de la antigua iglesia (foto del autor 2011)

ción, en la parte superior de su muro S, frente a la torre, han quedado restos de una jamba del hueco en el que apoyaba el puente levadizo y de la albardilla de piedra que coronaba el antepecho (figura 11), por lo



Figura 11
Iglesia del despoblado de Cabrera (Turre). Hueco de acceso a la torre. Delante, jamba y albardilla en la terraza de la antigua iglesia (foto del autor 2011)

que es evidente la existencia de una terraza plana ya que no tendría sentido el acceso desde la torre a una cubierta inclinada. Hemos llegado a encontrar varios casos de torres exentas en iglesias en uso de las tres provincias, ocupando hoy el hueco existente entre ellas y las naves de los templos edificaciones con usos parroquiales.

En varios de los casos estudiados, en la parte alta de los muros tanto laterales como frontales, encontramos troneras por debajo de los estribos de las cubiertas, como vemos por ejemplo en la iglesia del despoblado de Teresa (Turre) (figura 12) y en algunas otras actualmente en uso, como en la de Vícar, lo que denotaría la posible existencia de un pasillo o adarve interior de madera, sujeto a los muros con jabalcones y que rodean el espacio de la nave central por tres de sus lados, sin llegar al espacio que ocupara la capilla mayor. A este adarve se accedería por una escalera de mano de madera y, posiblemente, desde él y por el mismo sistema se pasaría a la terraza superior, cubriendo su salida con una garita. Una vez en la terraza, desde ella se accedería a la parte superior de la torre. Estas troneras fueron posteriormente convertidas en ventanas, por lo que actualmente son difícilmente distinguibles en muchos casos (figura 13).

En otros casos en los que la torre estaba adosada a la nave de la iglesia, se accedía a las estancias superiores de la torre desde la terraza del templo, quedando algún ejemplo de este hueco de paso en la iglesia de Lobres (Granada), donde puede observarse actual-



Figura 12
Iglesia del despoblado de Teresa (Turre). Troneras de la parte alta de la nave (foto del autor 2011)

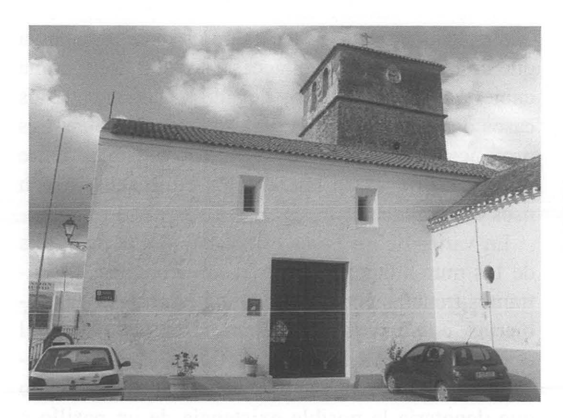


Figura 13
Iglesia de Turrillas. Antiguas troneras convertidas posteriormente en ventanas (foto del autor 2010)

mente por el interior de la torre un arco de medio punto cegado.

Teniendo en cuenta su función defensiva, estas iglesias solían disponer de una puerta única,en la mayoría de los casos centrada en la fachada principal, en el testero opuesto al que se situaba la capilla mayor, siendo ésta fachada la menos expuesta y la memos visible desde lejos, abriéndose, en ocasiones en estrechos callejones para que fuera más difícil su acceso y posible asedio. Si encontramos puertas laterales, podría ser original si está ubicada en la fachada lateral en la que se sitúa la torre, ya que desde las troneras abiertas en los muros de ésta podía defenderse aquella. Todas las que no estén en esta situación, han sido abiertas en épocas posteriores. Como puede observarse, en la construcción de este tipo de iglesias se siguen los mismos criterios utilizados por la poliorcética en las fortalezas y castillos.

A partir de finales del siglo XVII y, sobre todo en el XVIII, se elevan las torres con la construcción de cuerpos de campanas y se amplía la capacidad de la mayor parte de los templos con la construcción de una gran capilla mayor, más alta y de mayor anchura que la nave primitiva, conformándose en algunos casos hasta un transepto con crucero y naves laterales. Para estas ampliaciones bastaba con abrir un gran arco toral en el testero del altar mayor, al que se le añadían contrafuertes por el exterior, construyendo el transepto, el crucero y/o la capilla mayor en el espacio exterior resultante de calles, cementerios o propiedades particulares compradas y demolidas. De esta forma, nos encontramos iglesias en las que la torre ha quedado en una posición intermedia entre la antigua nave y la ampliación, apreciándose claramente como el muro interior de ésta queda enrasado con el de la antigua nave, mientras que otro de los muros laterales, antes continuo con el testero del altar mayor, ahora sirve como contrafuerte del nuevo arco toral en esa parte. Lógicamente, también denota la ampliación la diferencia de altura de las cubiertas en ambas partes. En estos casos, por tanto, se sigue utilizando como acceso principal al templo la antigua puerta abierta a los pies de la iglesia y, en prácticamente todos los ejemplos visitados, se ha abierto una puerta lateral en el caso de no haberse ampliado la iglesia con naves laterales y hasta dos accesos, cuando sí se ha hecho.

Pero no siempre era posible la ampliación de la iglesia por la parte dela antigua capilla mayor, bien por problemas de falta de espacio, de grandes desniveles topográficos o por cualquier otro motivo. En estos casos y son muchos los localizados, se invertía la orientación del templo, ejecutando la ampliación por los pies, abriendo la puerta principal de acceso en el antiguo muro del altar, próximo a la torre. Esto hace que sean muchas las iglesias que hoy día encontramos con la torre dando a la fachada principal, habiéndose sustituido en muchas de ellas la primitiva función de sacristía de su planta baja, por la de baptisterio.La apertura de estas nuevas puertas junto a las torres, dándole prestancia a sus fachadas principales, así como el espacio recuperado por la supresión de los antiguos cementerios, ha propiciado que gran número de templos puedan contemplarse hoy desde plazas, antes inexistentes en el viario de todos estos pueblos próximos a la costa mediterránea.

Los cambios propiciados en muchas iglesias a partir del siglo XVII y el que sus fábricas se encuentren revestidas y pintadas, hacen irreconocibles en muchos casos las partes que puedan quedar originales de los siglos XVI y XVII. De los pueblos visitados, son bastantes las iglesias que fueron demolidas en el siglo XVIII, bien por haber quedado pequeñas para el incremento de población del lugar, bien por encontrarse ruinosas, siendo sustituidas por otras de estilo neoclásico. Lo mismo ocurre en el siglo XIX, encon-

trando varias iglesias de estilo neogótico y ecléctico. Por último, los destrozos e incendios de algunas de ellas en el transcurso de la pasada guerra civil, han motivado una serie de obras que hacen muy difícil el estudio de estas iglesias.

Quisiera hacer resaltar la importancia del estudio de los paramentos en las obras de restauración de estas iglesias, lo que hoy se conoce como «arqueología de la arquitectura». En una restauración realizada hace pocos años en la iglesia de la localidad almeriense de María, se ha rejuntado el llagueado de la fábrica de mampostería de sus muros, igualado el mortero de susfábricas de mampostería, perdiéndose el dato de arqueología muraria existente de la diferencia entre la mampostería del muro de su fachada principal y la de su hastial, visible aun en los años noventa del pasado siglo (figuras 14 y15). En este caso, dada la anchura de la nave de la iglesia (10,10 m) y lagran distancia de esta localidad a la costa lo que la hacía estar a salvo de incursiones piráticas, la diferencia de material de su fachada no era motivada por lo comentado anteriormente, sino al hecho de haberse perdido su armadura de cubierta a tres aguas en un incendio y haberse sustituido por otra a dos aguas, lo que implicó la construcción de dicho hastial. Y dado que no es este el único caso, es por lo que llamamos la atención de los profesionales responsables de las obras de restauración para que tengan en cuenta, dada su importancia para el estudio de los edificios, los datos que nos proporciona la estratigrafía muraria de aquellos en los que se interviene.



Figura 14
Iglesia de María. Estado de su fábrica de mampostería antes de su última restauración (foto del autor 1994)

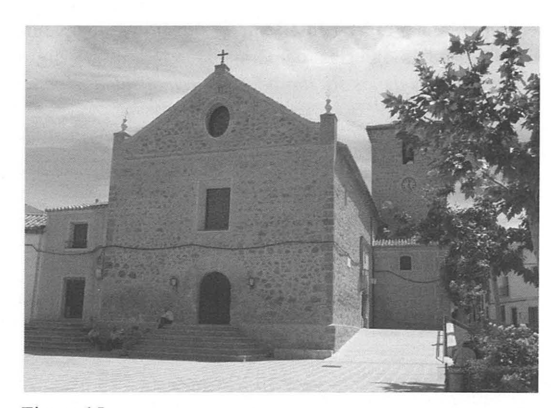


Figura 15
Iglesia de María. Estado de sus fábricas tras la última restauración (foto del autor 2012)

Notas

1. (Martín García 2004), (Martín García 2005) y (Martín García 2012).
2. En una visita realizada en 1578, tras el levantamiento morisco, se dice que en el «lugar de Yniza donde estaba la iglesia sana sin quemar en el pueblo no ay vezinos ningunos». Luego la iglesia no había sido quemada y el lugar se encontraba ya despoblado (Gómez-Moreno Calera 1987, 360).

Lista de referencias

Cressier, Patrice. 1988: «Eglises et châteaux dans l'Apujarra a la fin du moyen âge: l'implantation d'un pouvoir».*Sierra Nevada y su entorno. Actas del encuentro hispano-francés sobre Sierra Nevada. La historia, la tierra y el poblamiento de Sierra Nevada y su entorno*. Granada.

Cressier, Patrice. 1990: «Castillos, poblamiento y paisajes agrarios medievales en la Sierra de los Filabres y el Alto Valle del Almanzora, (Almería). Campaña 1988».*Anuario Arqueológico de Andalucía*, 1988. Actividades Sistemáticas. Sevilla.

Gómez-Moreno Calera, José Manuel. 1987.«La visita a las Alpujarras de 1578-79: estado de sus iglesias y población».*Homenaje al profesor Darío Cabanelas Rodríguez*. Granada: Universidad

Gómez-Moreno Calera, José Manuel. 1989: «Las primeras iglesias construidas en las Alpujarras. Aportación documental».*Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada*, XX. Granada.

Gómez-Moreno Calera, José Manuel. 2004: «Arte y marginación. Las iglesias de Granada a fines del siglo XVI».*Actas de las III Jornadas La Religiosidad popular y Almería*. Almería.

Martín García, Mariano. 2004: «Iglesias fortificadas del levante almeriense a principios del siglo XVI».*Axarquía, Revista del Levante almeriense*, 9. Granada.

Martín García, Mariano. 2005: «Iglesias fortificadas del siglo XVI en la costa sur almeriense».*Actas del III Congreso de Castellología Ibérica*. Madrid.

Martín García, Mariano. 2012: «Iglesias fortificadas de la costa granadina».*Actas del IV Congreso de Castellología Ibérica*. Madrid.

Sánchez Real, Javier. 2000: «La arquitectura religiosa de Las Alpujarras: un patrimonio poco conocido».*Actas de las I Jornadas de Patrimonio de La Alpujarra. Legado arquitectónico y turismo rural*. Almería.

Sánchez Real, Javier. 2004: «Iglesia y defensa. Las iglesias-fortaleza del Reino de Granada».*La historia del Reino de Granada a debate. Viejos y nuevos temas. Perspectivas de estudio*. Málaga.

La iglesia de San Martín en Mota del Marqués (Valladolid): Proyecto y construcción

Rafael Martín Talaverano
Leandro Cámara Muñoz
José Ignacio Murillo Fragero

La actividad del arquitecto Rodrigo Gil de Hontañón en el área vallisoletana supuso la construcción de una serie de edificaciones entre las que se encuentra la parroquial de la Mota del Marqués, dedicada a San Martín. La dirección de estos trabajos, por Rodrigo Gil, pudo comenzar en el año 1540 (Vasallo y Pérez 2011, 42) y concluye, con la rescisión de su contrato, en el 1558 (Casaseca 1988, 546), rematándose con posterioridad algunos aspectos, sin concretar, a tenor de las referencias que hablan de obras en los años 1561 y 1572 (Cadiñanos 1993, 466). En 1544 se puede deducir de las visitas que el ábside y la sacristía estaban muy avanzados; en 1548, con el ábside concluido el resto de la fábrica levantaba hasta los capiteles de los pilares; y en 1550 se estaba trabajando en el tejado, antes de construir las bóvedas, la portada, la torre y el sobrearco de la tribuna (Parrado 1976,81). La portada debió concluirse en 1554, según la inscripción que existe en las pilastras que enmarcan el arco de ingreso (Casaseca 1988, 57).

Sin embargo, se deduce a partir de una referencia de 1560 que Rodrigo Gil no participo en la construcción de la torre, situada a los pies del templo, documento por medio del cual el Consejo Real daba su visto bueno, superado un pleito con el propietario del solar, para su construcción (Vasallo y Pérez 2011, 43-44). En cualquier caso era evidente que la torre es una construcción adosada al testero occidental de la iglesia, sin embargo se defiende que las características de los dos cuerpos superiores corresponden a la segunda década del siglo XVIII (Parrado 1976,82). Existen otras referencias posteriores a la torre como la adjudicación de un chapitel en el año 1731 o el reconocimiento de daños que en el año 1769 indica «ruinas» en una de las esquinas de la torre (figura 1).

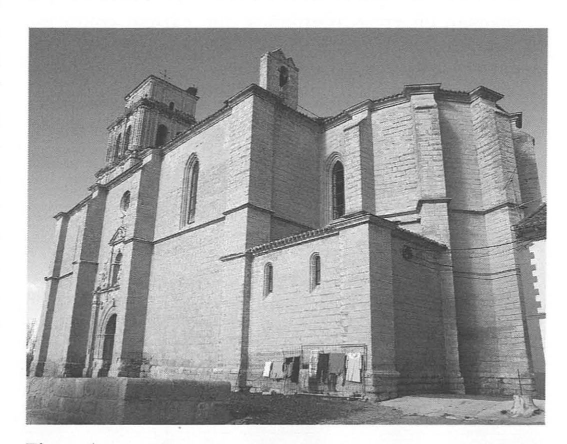


Figura 1
Fachada meridional de la iglesia (foto de los autores 2013)

Objetivos

El presente artículo muestra los resultados de una investigación desarrollada con un doble objetivo. Por un lado, mediante un análisis dentro del marco metodológico de la Arqueología de la Arquitectura, se ha

realizado un estudio histórico-constructivo que pretende contrastar las teorías tradicionales sobre el edificio, completando de este modo su conocimiento[1]. Por otro lado, puesto que nos encontramos ante un edificio que responde casi en su integridad a la concepción directa de Rodrigo Gil de Hontañón, se persigue comparar sus ideas teóricas del proyecto y la construcción arquitectónicas (llegadas hasta nosotros a través del *Compendio de Architectura y Simetria de los Templos*, un manuscrito de Simón García, cuyos seis primeros capítulos se atribuyen al propio Rodrigo Gil). Nos encontramos ante una ocasión casi única de contrastar la obra construida de un maestro medieval con sus ideas teóricas sobre el proyecto de arquitectura, con la oportunidad de analizar sus coincidencias y contradicciones.

Descripción del templo actual

La iglesia de San Martín posee un aula de tres naves, dividida en tres tramos, rematada por una cabecera poligonal de cinco lados. Los tramos del aula y el presbiterio se cubren con bóvedas de crucería que descansan en arcos perpiaños que cargan sobre los muros perimetrales y sobre cuatro grandes pilares cilíndricos. Al exterior la iglesia se refuerza con contrafuertes de planta rectangular que en las esquinas del aula son cuadrangulares. La nave central se salva con arcos perpiaños de medio punto ligeramente peraltados, mientras que las naves norte y sur, más estrechas se salvan con arcos apuntados de arranque también peraltados apoyados en los pilares y en pilastras semicirculares adosadas a los muros del aula (figura 2). A los pies del templo se sitúa una torre con un coro inferior o baptisterio en la planta baja y un coro alto en la primera, ambas cubiertas con bóvedas de arista. El acceso principal al templo se sitúa en el tramo central de la nave meridional cuya fachada es la principal zona ornamentada del templo, de estilo plateresco.

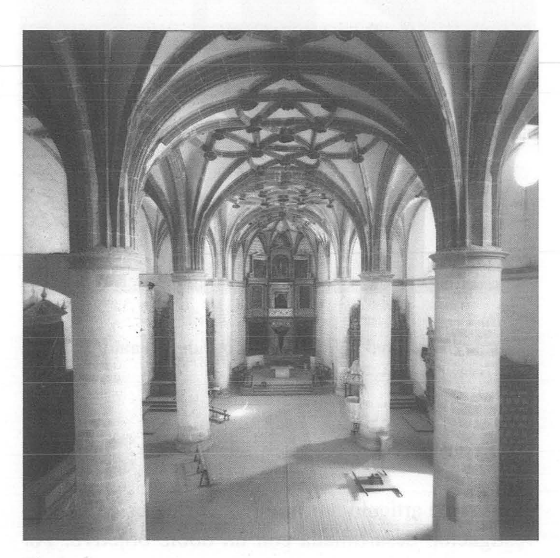


Figura 2
Interior del templo (foto de los autores 2013)

Secuencia constructiva de la iglesia

Etapa I. Edificio originario. Siglo XVI

El análisis estratigráfico de las fábricas de la iglesia de San Martín en la Mota del Marqués reafirma que el aula se construyó durante tres fases consecutivas. Y es que, a pesar del uso de material y tecnología común, los diferentes ritmos constructivos permiten individualizar las fases de ejecución del proyecto, fechándolas gracias a las referencias documentales que aporta la historiografía. La edificación de la iglesia comenzó por la cabecera sin adaptarse a ninguna construcción precedente (figura 3). En primer lugar se realizaron los muros del testero oriental (Etapa Ia), y antes de su abovedamiento, se edificó el resto del aula y sus pilares (Etapa Ib). Una vez concluida estas dos primeras fases se construye la cornisa, que remata al exterior toda la construcción, y probablemente su tejado, para a continuación llevar a cabo las bóvedas. Creemos que junto a estas actividades, con las que el templo quedaría concluido, se está decorando la fachada de acceso al templo (Etapa Ic).

La construcción emplea piedra caliza, y los muros, con un grosor de 1,15 m, se levantan sobre zócalos de 1,25 m, en mampostería desbastada, de modulo alargado y estrecho en el ábside y en la fachada oriental, empleando en el resto del aula bloques de mampostería regulares. Los sillares de superficie desbastada, a puntero y cincel, se combinan con piezas acabadas con una labra fina, a gradina, con una amplia variedad de finas marcas de cantero (figura 6). La labra fina se aplica mayoritariamente en piezas

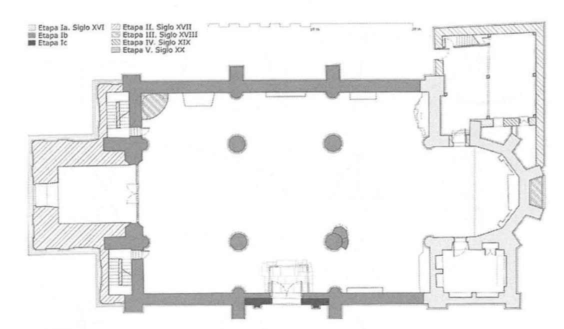


Figura 3
Planta de etapas acumulativas de la iglesia de San Martín (dibujo de los autores 2013)

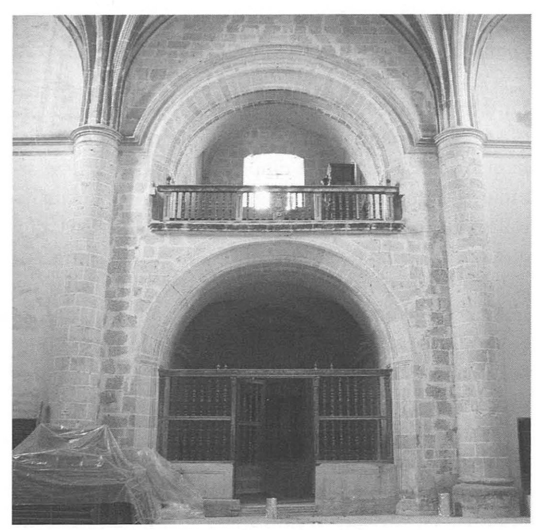


Figura 4
Alzado interior del testero occidental (foto de los autores 2013)

molduradas, como impostas y cornisas, el jambaje de vanos y las nervadura de las bóvedas, y también en los tambores de los pilares y las pilastras, en los sillares en ángulo para trabar encuentros entre diferentes paños y en toda la decoración de la fachada del acceso al templo donde también se aplica en la sillería. Los muros ascienden en bancos regulares de 4 hiladas empleando un sillar en ángulo acabado con la labra fina en el encuentro entre paños en la hoja interior del ábside o en el encuentro de paños con los contrafuertes exteriores.

El jambaje de las ventanas, el arranque de los nervios de las bóvedas y las pilastras del aula están enjarjadas en obra con los paños colindantes, aunque el encuentro entre estas piezas y las hiladas de los paños no son coincidentes, siendo necesarios el empleo siempre de sillares acodados y tacos para favorecer su adaptación. Esta irregularidad, unido a la falta de un despiece de similar altura en las jambas de las ventanas, nos hace suponer que las piezas acabadas con labra fina no se producen al mismo tiempo que los sillares de superficie desbastada o la mampostería. Por ello proponemos que son materiales de al menos dos talleres claramente diferenciados.

Por otro lado, hemos podido comprobar que los dos amplios arcos abocinados abiertos al tramo central del aula en su testero occidental están también construidos en esta primera etapa (figura 4). Para su fábrica se ha empleado piezas de talla fina, ofreciéndoles la misma moldura de casetones que emplea la portada de acceso al templo, empleando piezas trapezoidales, acodados y tacos en su unión con los bloques de mampostería del muro al que pertenecen. Creemos, aunque la observación no es concluyente, que el abocinamiento del jambaje de ambos vanos es doble, hoy oculto por los muros y arcos adosados a su cara occidental (figura 5).Enlazamos esta última circunstancia con la comprobación de que los muros a la nave central de ambas escaleras de ascenso a la primera planta de la torre traban con la fachada exterior occidental de ambas naves laterales y se proyectan con toda la anchura de las cajas de escalera ocultos bajo sus muros más occidentales adosados. No se conservan por encima de la imposta sobre la que se alzan los cuerpos superiores de la iglesia. Su longitud conservada, con más de 0,75 m que el mayor contrafuerte del resto del templo, y la constatación expuesta en el párrafo anterior, acerca de los vanos abiertos en el muro occidental de la nave central pertenecen al proyecto original, nos permite afirmar que estos muros perpendiculares corresponderían con los cierres laterales de una estancia proyectada a los pies de la iglesia (figura 5). Evidentemente este espacio correspondería con la base de una torre previa a la actual. Esta hipótesis se refuerza por la existencia del arranque de un gran arco de descarga documentado en el testero occidental de la nave central, situado por encima de las bóvedas.

Etapa II. Adosamiento de una torre con cinco cuerpos. Siglo XVII ó XVIII

La torre adosada a los pies de la iglesia de San Martín es en planta y alzado una construcción unitaria. Para su construcción se empleó una piedra caliza similar a la empleada en la iglesia originaria. El material se dispone en hiladas de sillería de labra fina, con gradina, en la hoja exterior de los muros y de superficie desbastada, con atacaduras anchas y en ocasiones huellas largas de cincel, en su hoja interior, que se combinan ocasionalmente con sillares de labra fina a gradina. Del segundo piso hacia arriba, los sillares pierden regularidad y aumentan en tamaño (seudobloques de mampostería). Igual que ocurre con la obra de la iglesia precedente las impostas, dovelas y el jambaje de los vanos se acaban con talla fina a gradina, en los que localizamos solo una marca de cantero, que siempre es trazada igual (figura 6).

Encontramos argumentos tipológicos que refuerzan la unidad de la construcción. En primer lugar el empleo de una fábrica similar, por piedra, despiece, talla y puesta en obra. Y en segundo lugar por el modo de preparar la construcción de los arcos de las troneras del campanario y del vano del tercer piso, que al ser ligeramente rebajados, y probablemente fabricados en taller, sus dovelas fueron numeradas, desde el arranque del arco hasta las contraclave, del 1 al 5 en la tercera planta y del 1 al 4 en el campanario, empleando numeración arábiga o romana indistintamente.

Sin embargo, el taller que construye el interior de las escaleras laterales de acceso a la primera planta no es el mismo que el que se ocupa del resto de la torre. Esta construcción ofrece rasgos que las diferencia al interior, aunque al exterior la unión es perfecta con los cuerpos inferiores de la torre, respetando hiladas y empleando un material y tratamiento similar. La hoja interior de la caja de escalera, su muro central y los peldaños están realizados en una de sillería alargada, perfectamente escuadrada, de talla muy fina a gradina con huella mayoritariamente vertical, y que en la mayoría de las piezas muestra un agujero cuadrangular centrado, probablemente para su elevación con grúa. Las marcas de cantero documentadas en estas piezas, más profundas que en el resto de la obra, sólo se localizan aquí (figura 6). El acceso desde el aula al interior de las escaleras se efectuó a través de un corte rectangular en los muros testeros de las naves laterales forrando su jambaje con material de similar factura a la caja de la escalera.

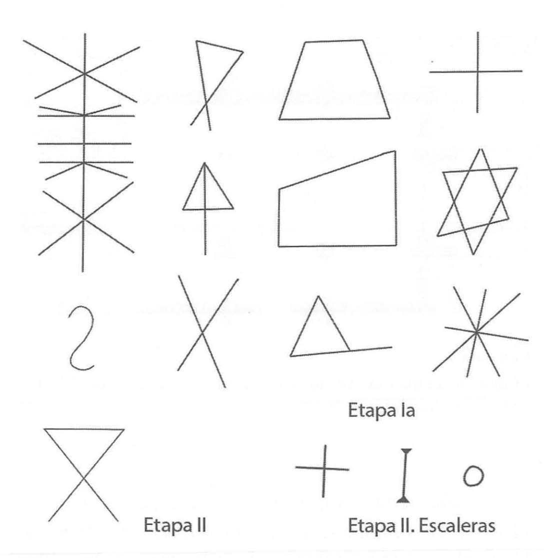


Figura 6
Marcas de cantero documentadas en las dos primeras etapas (dibujo de los autores 2013)

De la teoría a la práctica. Proyecto y construcción de la iglesia de San Martín

Revisada la secuencia edificatoria del templo, se expone a continuación un análisis comparado entre las ideas teóricas de Rodrigo Gil de Hontañón (expuestas en el *Compendio de Architectura y Simetría de los Templos*) y su aplicación práctica en las naves y la cabecera de la iglesia de San Martín, que son las partes construidas según sus directrices.

El diseño de la planta

A través del citado manuscrito, Rodrigo Gil expone diversos principios teóricos para el diseño y dimensionado de las plantas de los templos. Aunque se ofrecen distintos modelos de plantas de templos, sólo algunos poseen tres naves, como es el caso de la iglesia de San Martín. En la mayoría de ellos, la nave central consta de tramos rectangulares, empleando las proporciones sexquitercia (4:3), sexquiáltera (3:2)

y dupla (2:1) fundamentalmente. Además, existen dos ejemplos con templos de tres naves, definidas con trazados geométricos, que además poseen una cabecera poligonal, similar al de la iglesia de San Martín, aunque de tres lados en lugar de los cinco de que se compone ésta (figura 7).

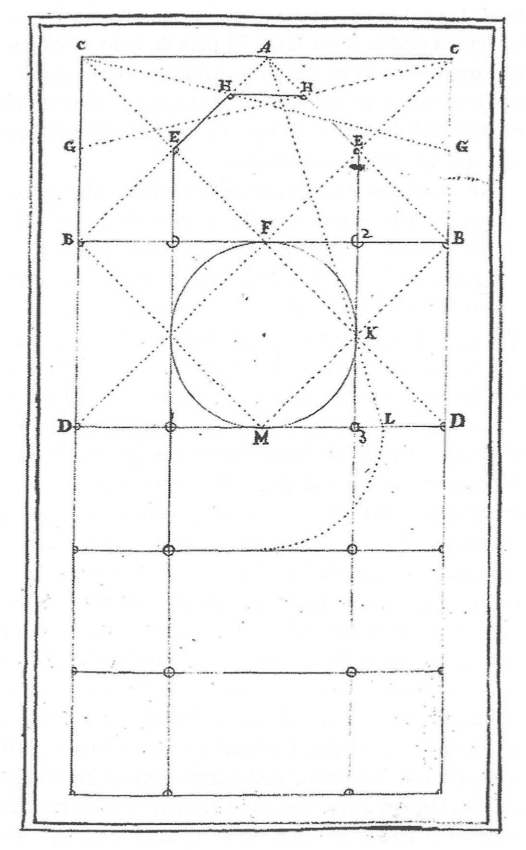


Figura 7
Dibujo de un templo de tres naves (manuscrito, folio 14)

El análisis de la iglesia de San Martín, muestra una realidad considerablemente distinta a la descrita en los ejemplos anteriores. El templo posee tres naves, siendo la central de tramos cuadrados toda ella. Esta es una diferencia fundamental, ya que en el manuscrito casi todos los ejemplos tienen tramos rectangulares en sus naves centrales. Frente a una herencia medieval patente en el manuscrito, el templo de San Martín parece adecuarse a una visión más cercana a la modernidad renacentista.

Por otro lado, el aula de la iglesia se compone de una nave central de tramos aproximadamente cuadrados cuyo lado se aproxima a 11 varas y 1 pie[2], junto con sendas naves laterales con tramos rectangulares cuya anchura se aproxima a 6 varas. La hipótesis más sencilla de trazado pasa por suponer tramos centrales cuadrados y naves laterales cuya anchura sería la mitad (figura 8). Esta hipótesis respondería perfectamente al trazado geométrico para el tramo del crucero expuesto en el folio 14 del manuscrito (figura 7), donde las líneas que unen los puntos medios del cuadrado se prolongan para obtener la anchura de las naves laterales. Sin embargo, este sistema presenta desajustes métricos con la realidad[3], lo cual no puede ser atribuido a un error de replanteo, más aún teniendo en cuenta que la construcción parece realizarse *ex novo*, sin ningún tipo de edificación previa condicionante. Por ello, es razonable pensar que la idea inicial de proyecto, geométricamente más «pura», fuese modificada en el transcurso de la obra, la cual fue adaptándose a sus propios condicionantes prácticos, de modo que la praxis constructiva se priorizó sobre la concepción teórica inicial.

Respecto al trazado de la cabecera, en los modelos del manuscrito, al igual que ocurre en la iglesia de San Martín, existe un tramo rectangular a modo de

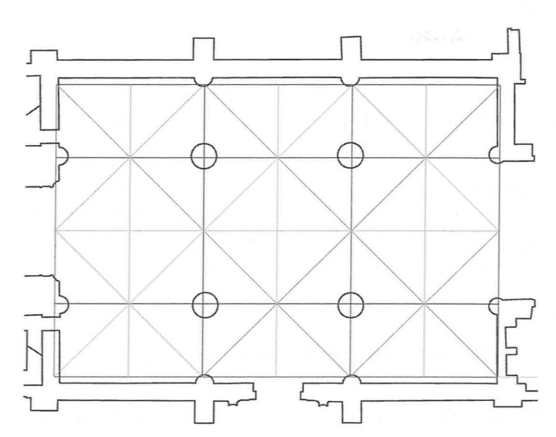


Figura 8
Hipótesis de trazado tomando un tramo central cuadrado de 34 pies comparada con la planta real de la iglesia (dibujo de los autores 2013)

embocadura (figura 9). Sin embargo, hay dos diferencias fundamentales. Los modelos del manuscrito cuentan con tres lados, mientras que en la iglesia estudiada el presbiterio posee cinco lados. Además, en el manuscrito la anchura de la cabecera es igual al de la nave central, mientras que en San Martín la primera es ligeramente inferior a la segunda. Por todo ello, más allá de la analogía formal del remate en forma poligonal no existen más similitudes entre los métodos de trazado del manuscrito y la realidad del templo estudiado. En éste, podría haberse empleado una circunferencia de 16 pies de radio como figura base de trazado. En primer lugar se establecería un tramo occidental de 32 pies de anchura (el diámetro de la circunferencia) y 16 pies de lado; en segundo lugar, esta circunferencia serviría para trazar un semi-decágono circunscrito en ella, y que daría lugar a los cinco lados que rematan la cabecera del templo.

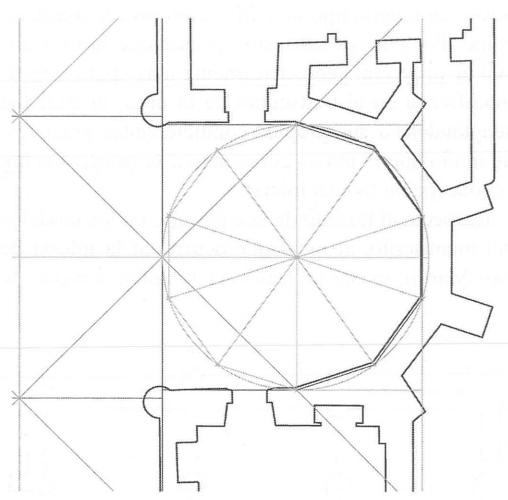


Figura 9
Hipótesis de trazado de la cabecera (dibujo de los autores 2013)

Dimensionamiento de los soportes y estribos

Además de una metodología para el diseño de las plantas de los templos, Rodrigo Gil desarrolla una serie de reglas estructurales para el dimensionamiento de algunos elementos constructivos de dichos edificios. En concreto, para establecer el diámetro de las columnas, define una regla aritmética consistente en la suma de las dimensiones del tramo, más la altura del pilar; a todo ello se le aplica la raíz cuadrada y se divide por la mitad, obteniéndose el diámetro de la columna (Huerta 2004). En el caso de la iglesia de San Martín, las cuatro columnas exentas del aula tienen un diámetro de aproximadamente 6 pies en su fuste y 7 en el zócalo, así como una altura total de 34 pies. Teniendo en cuenta que el tramo cuadrado que sustentan podría tener unos 34 pies de lado, el cálculo expuesto en el manuscrito resultaría en un diámetro de 5 pies. Este valor es igual al que se indica en el modelo del folio 18r, aunque es ligeramente inferior a los pilares reales construidos.

Por otro lado, para el dimensionamiento de los estribos, Rodrigo Gil desarrolla un procedimiento aritmético bastante complejo, para el cual es preciso sumar las semi-longitudes de los nervios que acometen al estribo; obtiene 2/3 de dicha cantidad y le suma la altura de la nave hasta el arranque de las bóvedas, obteniendo del total la raíz cuadrada. De la cantidad resultante, 1/3 corresponde a la anchura del estribo y 2/3 al espesor (Huerta 2004). Al contrastar este método con la realidad construida en la iglesia de San Martín, una vez más destacan las diferencias. En este templo, los estribos tienen un espesor constante (a excepción del zócalo en la parte baja y el remate en la superior), que oscila entre 11.2 y 11.4 pies (contando el grosor del muro y la media columna adosada, tal y como indica Rodrigo Gil), y una anchura que varía entre 4,3 y 4,7 pies. El cálculo realizado según las pautas del manuscrito (con una suma de longitudes de los nervios de unos 100 pies y una altura de la nave de 34 pies), aporta un valor final de 10 pies. De esta cantidad, 3,33 serían para el ancho del estribo (frente a los más de 4 reales), y 6,66 para el espesor (frente a los más de 11 reales). Es decir, los estribos construidos en San Martín son mayores que los teóricos, sobre todo en relación con su espesor. No obstante, el propio Rodrigo Gil afirma que los valores del cálculo tienen carácter de mínimos, y que cada maestro podría ampliarlos, como sin duda hace él mismo en su obra.

Trazado y construcción de las jarjas.

Sobre los pilares y pilastras se sitúan las jarjas de arranque de las nervaduras, en las que el diámetro

del tambor de los pilares determina la circunferencia que hará el borde exterior de las molduras de los arranques de las nervaduras. De modo que estas molduras se obtendrán vaciando hacia el interior los tambores de las jarjas. Sin embargo, para conseguir que cada nervadura tenga su arranque limpio y propio sobre los tambores, sin que se produzcan encuentros entre ellas «en el aire», es necesario acudir al recurso de ir situándolas una a continuación de la otra, sobre cada cuarto de circunferencia restante entre los cuatro perpiaños que acometen a los pilares (figura 10). De este modo, se altera la geometría de la traza teórica, en la que los ejes de las nervaduras deberían coincidir en el centro del tambor cilíndrico —así lo dibuja el propio Rodrigo Gil en su tratado—, con el resultado de que esos encuentros entre ejes se desplazan a lo largo del diámetro de la circunferencia.

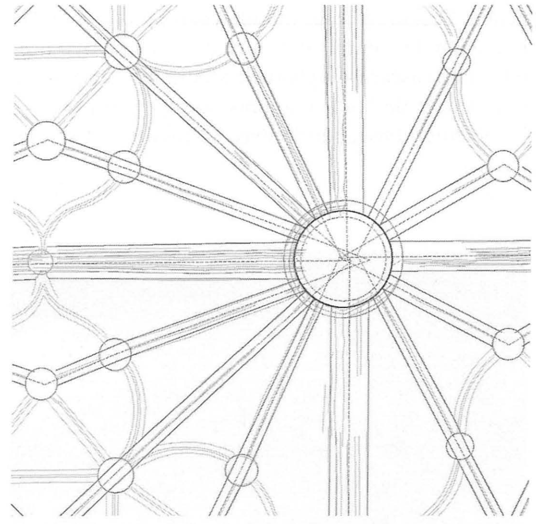


Figura 10
Encuentro de los ejes de las nervaduras en los pilares (dibujo de los autores 2013)

Dimensionamiento y construcción de los nervios

El manuscrito muestra una serie de reglas aritméticas para el dimensionamiento de los nervios de la bóveda. Parte de un concepto estructural importante, ya que considera que cada uno de ellos juega un papel mecánico distinto en el conjunto del abovedamiento, y por ello deben tener dimensiones distintas (Huerta 2004). A partir de esta hipótesis, establece una proporción para el canto de cada nervio en función del lado del tramo de la bóveda: 1/20 para el perpiaño, 1/24 para el ojivo, 1/28 para los terceletes y 1/30 para el formero. En el caso de la iglesia de San Martín, destaca de entrada un aspecto fundamental: los nervios formeros, ojivos y terceletes tienen la misma dimensión del canto (1 pie), mientras que las ligaduras son algo menores. Es decir, hay una igualación intencionada de las dimensiones de los nervios, que contradice el concepto de partida que establece el propio Rodrigo Gil (cada nervio debe ser distinto puesto que tiene un papel estructural diferente). Este hecho permite igualar las plantillas de los terceletes y ojivos, simplificando en gran medida la construcción. El valor de 1 pie para el canto (en este caso los nervios no tienen cola) supone 1/34 del lado del tramo cuadrado de la nave central, por lo que es muy inferior a las cifras propuestas en el manuscrito.

Las mediciones realizadas vienen a dar dos curvaturas diferentes para los ojivos y los terceletes, con radios promedio de 6 m (unos 21,5 pies) para los ojivos, y de 4,48 m (unos 16 pies), para los terceletes. Todos ellos son de traza semicircular, teniendo cada tercelete el desarrollo completo de un cuarto de circunferencia. El arranque teórico de la circunferencia de los ojivos se sitúa un poco por debajo de la imposta constructiva, unos 25cm, casi 1 pie, mientras que el de los terceletes está por encima, siendo los que cubren la dimensión mayor de cada tramo (de norte a sur, transversal) los más bajos, al estar a 89 cm de la imposta, y los de la luz menor (este a oeste, longitudinal) los más altos, 1,08 m desde la misma. Esto viene a configurar un sistema de trazado que a partir del trazado de los arcos ojivos determina la altura de las claves de los terceletes haciéndola coincidir con la de la clave intermedia de los ojivos, que se sitúa en planta a la misma distancia de la columna que las claves de los terceletes; desde esta altura estos últimos se trazan «hacia abajo», siempre con la misma curvatura, para calcular la altura a que ha de situarse su arranque sobre la jarja, altura que será mayor para las luces menores al determinarse como encuentro de una misma circunferencia con una línea vertical más próxima. Se trata de un sistema geométrico de trazado con objetivos constructivos claros: la homogeneización de los nervios y la estandarización de la fabricación de las dovelas y claves; la situación de las

ocho claves que forman la estrella central a la misma altura, con ligaduras horizontales, de directriz recta; y la ejecución de una cimbra que al apear esas claves a la misma altura se hace más sencilla (figura 11).

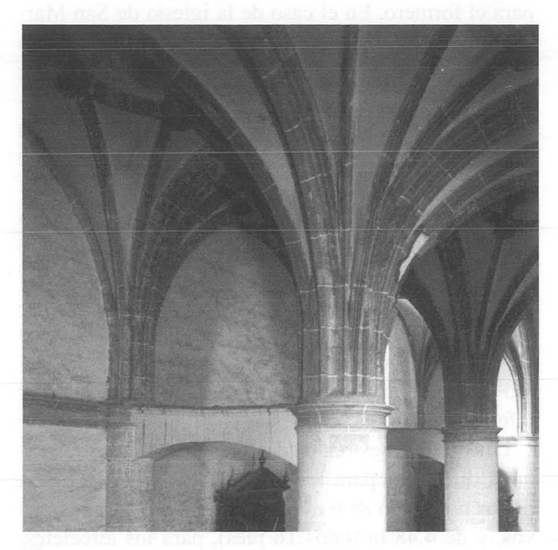


Figura 11
Arranque de los nervios sobre los pilares (foto de los autores 2013)

El mismo recurso se utiliza con los perpiaños de las naves laterales, construidos como arcos apuntados y peraltados. Una vez fijada la altura de la clave de estos arcos, igualándola a la de la nave central, se calcula «hacia abajo», con la curvatura de los arcos perpiaños de la nave central, el punto de arranque para los perpiaños laterales, nuevamente con el objetivo de que las dovelas sean iguales en ambos arcos, encargándose a la clave del arco lateral el ajuste del encuentro apuntado entre los dos semiarcos, siendo por tanto esta la única pieza que tiene una labra específica que hay que dibujar aparte de la traza general de las dovelas de los perpiaños transversales.

Frente a esta igualación de los nervios, existe una diferenciación clara entre los perpiaños longitudinales (2,2 pies) y los transversales (2 pies) de la nave central. Los primeros, ubicados en la dirección este-oeste de la iglesia, tienen una sección considerablemente mayor que el resto, ya que también su anchura es más destacada. Una posible explicación a este hecho puede ser el interés por reforzar visualmente la dirección principal de la iglesia frente a la transversal, o bien que al ser tres arcadas sucesivas, su mayor longitud hiciese pensar a Rodrigo Gil que debían tener más canto.

Construcción de los plementos

Sobre el entramado que conforman las nervaduras, se construyen unos plementos de fábrica de ladrillo puesto de canto, realizados por roscas situadas entre cada dos nervaduras, con las hiladas dispuestas en perpendicular a los nervios en cada tramo y con leves curvaturas independientes y variables, lo que da un aparejo en espina de pez y hace pensar en que se construyen sin cimbra (figura 12). La fábrica se reviste por sus dos caras para darle un aspecto homogéneo, decorándose el intradós con pinceladuras de imitación de sillares. Este sistema constructivo produce una cáscara sin geometría definida, adaptado a la posición de las nervaduras que, por su parte, se ha obtenido buscando la mayor sencillez en su ejecución.



Figura 12
Trasdós de la bóveda primera de la nave central, con la fábrica de ladrillo de los plementos (foto Latorre y Cámara, arquitectos 1992)

Conclusiones

El estudio realizado ha permitido avanzar en el conocimiento tanto de la propia iglesia de San Martín y la tecnología constructiva empleada en ella, como en el entendimiento del manuscrito de Rodrigo Gil de Hontañón y su aplicación práctica.

Los resultados del análisis histórico-constructivo fueron coherentes con las referencias conservadas sobre el proceso constructivo del aula. Sin embargo, las características estratigráficas de la torre, permiten matizar la propuesta de partida. Después de su análisis podemos demostrar que el proyecto original contaba con una torre a sus pies, llegándose a construir al menos sus arranques con el aula hasta la misma altura que ésta. Además hemos podido comprobar que la torre actual es el resultado de una única acción constructiva en toda su altura y no la superposición de dos etapas complementarias.

Además, se ha demostrado que los conceptos teóricos expuestos en el manuscrito y atribuidos a Rodrigo Gil, en relación con el diseño de los templos y el dimensionamiento de sus elementos, no tienen, en términos generales, una aplicación directa en su propia obra. Ya algunos autores apuntan que el maestro no empleó esta metodología en sus diseños (Sanabria 1982, 283).

Por un lado, es cierto que el diseño de la planta mostrado en el manuscrito se basa en la aplicación de un sistema de proporciones aritméticas que debían ser de frecuente empleo en época medieval, y del mismo modo la iglesia de San Martín presenta estas relaciones en el dimensionamiento de sus naves. Sin embargo, tanto las proporciones cuadradas de la nave central como el trazado de la cabecera se diferencian claramente de los modelos expuestos en el manuscrito. Por todo ello, podríamos decir que en el proceso de diseño de este templo subyace una misma metodología que en el manuscrito, aunque su aplicación práctica se diferencia, con soluciones de corte más moderno.

Por otro lado, el dimensionamiento de los elementos constructivos analizados en la iglesia de San Martín se aparta de los métodos del manuscrito. Así, los pilares y estribos tienen mayores dimensiones que el resultado de los cálculos teóricos. Del mismo modo, el dimensionamiento de los nervios de las bóvedas no sigue las pautas conceptuales que se muestran en el manuscrito, optándose por una solución más sencilla, con un claro interés por potenciar la estandarización de la construcción, un concepto que sin embargo no aparece en el texto.

Algo similar ocurre con la construcción de las jarjas y los nervios, donde se observa una prioridad de los problemas constructivos sobre un trazado teórico «geométricamente puro». La disposición descentrada de los ejes de las nervaduras parece buscar una cierta simplificación constructiva y formal en el molduraje y en los planos de asiento sobre las jarjas, mientras que el ajuste en altura de sus arranques para obtener las mismas curvaturas en los distintos elementos persigue una estandarización del proceso de labra que podría facilitar la fabricación de las dovelas en talleres especializados, situados o no en la propia obra, en los que se aprovecharía mejor el trabajo de los canteros.

Por todo ello, la forma global de la bóveda resultante de estos procesos de traza individualizada para cada nervio, junto a los de construcción de los plementos adaptados a la posición final de aquéllos, configura una geometría irregular en todos sus aspectos, lo que lleva también a pensar en la primacía de una economía de materiales y optimización de los procedimientos de puesta en obra sobre las consideraciones teóricas ideales que se recogen en los tratados.

En definitiva, vemos cómo el texto de Rodrigo Gil parece recoger una serie de métodos de tradición medieval, basados en sistemas proporcionales, aritméticos y geométricos, que sin embargo son superados por la realidad de la práctica constructiva. El saber hacer y la experiencia le permitieron desarrollar soluciones que no estaban basadas en métodos teóricos estándar. De este modo, la habilidad del tracista y de los constructores, los recursos para optimizar la ejecución, junto con una adecuada organización de la obra posibilitaron la fructífera producción arquitectónica de Rodrigo Gil, superando sus propios modelos teóricos.

Notas

1. Este estudio se ha desarrollado como parte del proyecto de restauración de dicho edificio por encargo de la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Junta de Castilla y León. Todos los datos métricos aquí expuestos pueden contrastarse en dicho proyecto.
2. Se ha tomado como referencia la medida del pie castellano, equivalente a 0,279m, y la vara, igual a 3 pies (Merino 1999).

3. Los tramos centrales poseen diferencias de hasta 1 pie en sus lados. Si se supone un tramo cuadrado de 34 pies, la anchura de las naves laterales, siguiendo una proporción dupla, sería de 17 pies (con 1 pie de diferencia sobre las mediciones), y la anchura total del aula alcanzaría los 68 pies (3 menos que la realidad). Si se tomase un tramo cuadrado central de 35 pies (con diferencias de hasta 1,5 pies con la realidad), las naves laterales serían de 17,5 pies y la anchura total llegaría a 70 pies (con 1 pie de diferencia respecto a la realidad). Además, en este caso la longitud total del aula sería de 105 pies, 4 más que la medición obtenida.

LISTA DE REFERENCIAS

Cadiñanos, Inocencio. 1993. «Nuevos datos sobre la Iglesia de San Martín de la Mota del Marqués, obra de Rodrigo Gil de Hontañón». *Academia, Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, 76*, 461-472.

Casaseca, Antonio. 1988. *Rodrigo Gil de Hontañón (Rascafría, 1500 – Segovia, 1577)*. Valladolid: Junta de Castilla y León.

Huerta, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de las estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Merino, José Miguel. 1999. «Planimetría y metrología en las catedrales españolas». *Tratado de Rehabilitación*, vol. 2. Madrid: Munilla-Lería.

Parrado, Jesús María. 1976. «Antiguo partido judicial de la Mota del Marqués». *Catálogo Monumental de la Provincia de Valladolid,* García, Esteban. (coord.) Tomo IX, 78-86, fig. 86-87, 91 y 97. Valladolid: Diputación de Valladolid.

Sanabria, Sergio. 1982. «The Mechanization of Design in the 16th Century: The Structural Formulae of Rodrigo Gil de Hontañón». *Journal of the Society of Architectural Historians*, Vol. 41, No. 4, 281-293.

Vasallo, Luis y Sergio Pérez. 2011. «Rodrigo Gil de Hontañón en Valladolid. La iglesia de la Mota del Marqués para Constantino del castillo y otras obras». *BSAA arte, Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología de Valladolid, 77*, 39-62.

Las escaleras claustrales en la arquitectura nobiliaria del Renacimiento español

Jorge Martínez Montero

El estudio de la escalera como elemento constructivo, estructural y funcional en el conjunto de un edificio, ha sido objeto de análisis a lo largo de los últimos años por parte de disciplinas como la historia del arte y la arquitectura (Martínez Montero 2007, II: 659).La evolución de dicho elemento en la Edad Moderna, tiene como principal núcleo de gestación el mundo artístico del Renacimiento, y más en concreto, el propio siglo XVI, período en el que nos vamos a centrar para dar a conoceruna visión lo más amplia posible del desarrollo de una de las tipologías de escaleras con mayor repercusión en la arquitectura nobiliaria hispana: la escalera claustral.

La escasa uniformidad de criterios a la hora de establecer una clasificación estructural y constructiva de los diferentes tipos de escaleras, ha dado lugar a la libre categorización tipológica de las mismas (Martínez Montero 2005, 760; Martínez Montero 2011, 24). En nuestro caso concreto, queremos dejar constancia de que para llevar a cabo un acercamiento a dicha clasificación se atenderá a la realización de un recorrido a lo largo de la arquitectura civil en su vertiente señorial, estudio con el que pretendemos ahondar en los principales maestros preocupados por el avance técnico de la escalera, junto al análisis de los mejores ejemplos, conservados o no, incidiendo fundamentalmente en sus aportaciones tipológicas.

Un detallado estudio de los mismos, aportará importantes novedades centradas en la complicación del número de tramos y en la evolución, apertura, diafanidad y grandiosidad de su caja, causante de la libertad compositiva en que se ve inmersa la escalera. Su carácter exclusivamente interior va a permitir que adquiera un cariz monumental, evolucionando desde el ocultismo de las escaleras tardogóticas de ida y vuelta hasta la disposición y el trazado asimétrico de las escaleras claustrales en sus variantes de tres y cuatro tramos, para llegar a la disposición simétrica y axial de las ostentosas escaleras dobles claustrales y preimperiales, en las que imperará una integración ordenada y unificada de todo su conjunto, dando como resultado un acercamiento a la historia constructiva de la escalera renacentista en España.

La escalera en la arquitectura nobiliaria del Renacimiento español

El esplendor alcanzado por la nobleza, como estamento privilegiado en la sociedad renaciente del momento, la hace sabedora de una emprendedora labor constructiva, patente en la construcción de un gran número de casas nobles. Casas señoriales o nobiliarias, en las que el señor moraba como lugar de residencia, retiro personal y espiritual de manera continuada, o por el contrario, residía u holgaba en ellas para disfrutar de sus momentos de ocio. Emplazadas por regla general, en el núcleo urbano, concebido como lugar de permanente actividad económica en el que el noble dejaba constancia de la perpetuidad de su linaje, eran realizadas por los más afamados maestros de obras (Martínez Montero 2008, 43-45).

La portada, en la mayoría de los casos descentrada con respecto al conjunto del edificio, daba paso a un amplio zaguán, desde el que se divisaba un gran patio central, centro articulador al que convergían el resto de las dependencias, y desde el que, por mediación de una señorial escalera, se comunicaban las distintas plantas. Dentro de todo este conjunto, la escalera desempeñaba un papel fundamental, entendida como un elemento clave en la concepción aristocrática del ceremonial de la época, así como vehículo de unión con respecto a la planta residencial o planta noble, emplazada en el piso superior del inmueble. En palabras del historiador Fernando Marías «toda casa que se preciara de señorial tuvo que construir una escalera de importancia, monumental» (Marías Franco 1983, vol. I: 167).

El artículo «Escaleras del primer Renacimiento español» publicado por el investigador norteamericano Harold Edwin Wethey en la década de los años sesenta del pasado siglo XX, dejaba de manifiesto el protagonismo, hasta el momento olvidado, de las muestras de escaleras erigidas durante los comienzos del Renacimiento en las mejores moradas nobiliarias (Wethey 1964, 295-305). Un estudio considerado desde entonces el mayor referente en el campo de la historiografía de la escalera en España.[1]

De la tipología de escalera de ida y vuelta al surgimiento de la escalera claustral

En la articulación espacial de la morada nobiliaria a finales del mundo gótico, la disposición interior de la escalera era propia de una estancia aislada e independiente, que contaba con una escasa preeminencia en todo su conjunto. Se encontraba realizada a base de dos tramos paralelos dispuestos en dos sentidos opuestos con un único descansillo intermedio, careciendo de iluminación interior, a excepción de la propia embocadura y desembocadura de la escalera, que hacían las veces de meras puertas utilitarias. Tradicionalmente se ha denominado a esta tipología como escalera de ida y vuelta, por su carácter estrictamente funcional y su disposición en torno a los corredores del patio secular, acabando por acaparar en planta toda la superficie de su caja.

Este tipo de escaleras, materializadas durante el reinado de los Reyes Católicos (1474-1516) mostraban una influencia mudéjar en la decoración de paramentos, balaustradas y pasamanos, artesonados de madera y yeserías en las cúpulas o falsas cúpulas como sistemas de cubrición. Maestros de la talla de Juan Guas, Enrique Egas, Simón de Colonia y Lorenzo Vázquez de Segovia, junto a otros muchos alarifes, canteros o carpinteros anónimos, comenzarán a preocuparse por la proyección de este elemento en ejemplos de la arquitectura civil castellana como la escalera del Castillo salmantino de Villanueva de Cañedo en Topas (1476-1490), la de la Casa de los Condes de Villalonso en Toro (1489), la del desaparecido Palacio de los Duques de Maqueda en la localidad toledana de Torrijos (1482-1503), la originaria de la Casa del Cordón en Burgos (1484-1497) o la de la Casa-palacio de los Vivero (1490-1500) en Valladolid (figuras 1-2).

Un segundo momento en la gestación de la escalera renacentista viene de la mano de la tipología de escalera claustral, cuyo término fue acuñado por el arquitecto Francisco Íñiguez Almech, aludiendo a un modelo de escalera de caja abierta que surge origina-

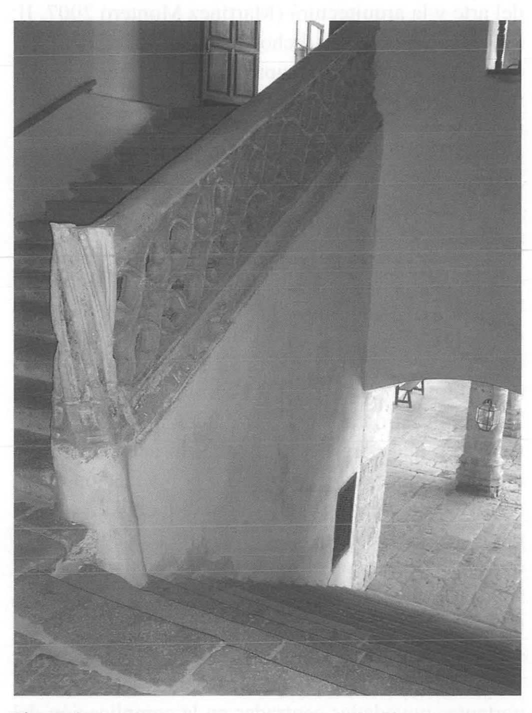


Figura 1
Escalera de la Casa de los Condes de Villalonso en Toro, Zamora (foto del autor 2005)



Figura 2
Embocadura de la escalera de la Casa-palacio de los Vivero, Valladolid (foto del autor 2004)

riamente desde finales de la Edad Media como elemento monumental de interconexión espacial en los claustros de construcciones religiosas (Íñiguez Almech 1952, 103).

El primero de los ejemplos lo encontramos en la escaleradel claustro de la Catedral de Toledo (h. 1495-1499), conocida como escalera de Don Pedro Tenorio y trazada por el maestro Juan Guas, mientras que la segunda escalera claustral se atribuye a Enrique Egas en el Monasterio de San Juan de los Reyes (h. 1504). Ambas escaleras «de rincón de claustro» constituyen las muestras más evidentes del avance que supone, en el foco toledano, la amplitud de la caja de la escalera, progreso conseguido mediante la adición en altura de nuevos tramos, apreciándose todavía un carácter encubierto en su emplazamiento y una ausencia de unidad espacial con respecto al claustro.

Como excepción dentro de esta primera fase evolutiva, surge una variante de este tipo de escaleras claustrales que tendrá un especial desarrollo en la zona mediterránea, donde se llevarán a cabo escaleras de tramos desiguales que acabarán por irrumpir en el patio desde las galerías superiores; tal abertura e integración espacial constituirá una novedad con respecto a la visibilidad de la escalera, presente en uno de los ejemplos más tempranos como el Palacio ducal de Gandía (1488) en Valencia (figura 3).[2]



Figura 3
Escalera exterior del Palacio Ducal de Gandía, Valencia(fotodel autor 2010)

Primeros momentos en la experimentación de la tipología de escalera claustral

Como particularidad del primer tipo de escalera que se va a gestar en los inicios del siglo XVI, la denominada escalera claustral de dos tramos, de similares características a su homónima de ida y vuelta, presentará el inicio de apertura de cada uno de los tramos paralelos hacia sendos arcos, correspondiéndose con la embocadura y desembocadura de la escalera. Su principal aportación se centrará en favorecer la interacción entre las diferentes partes del edificio, fusionando aquellas dependencias de acceso con las de mayor relevancia dentro del conjunto arquitectónico.

Buenas muestras de este tipo existían en los Palacios Ducales de Cogolludo (1492-1495), y del Infantado (1480-1500) en Guadalajara, junto a las escaleras de la Casa-palacio de Grajal de Campos en León (1515-1530) y de la Casa-palacio del Contador Alonso Gutiérrez de Madrid (1525-1534), sede desde 1559 del Convento de las Descalzas Reales (figuras 4-5).



Figura 4
Vista interior de la escalerade la Casa-palacio de Grajal de Campos, León (foto del autor 2008)



Figura 5
Desembocadura de la escalera de la Casa-palacio del Contador Alonso Gutiérrez, Madrid (foto del autor 2010)

Nuevamente nos encontramos al frente de alguna de estas obras a la figura de Lorenzo Vázquez y Enrique Egas junto a Lorenzo y Nicolás de Aldonza entre otros, maestros que desde su formación en los focos alcarreño y toledano comenzarán a implantar un primer modelo tipológico claustral que irá irradiándose por toda la Península, imbuido por un nuevo lenguaje decorativo que encuentra su mejor soporte en la apertura de las desembocaduras superiores.

Su novedosa funcionalidad, unida a su tratamiento monumental y apertura de su caja, se hace patente en las mejores mansiones nobiliarias de la época, vinculadas todas ellas con el foco mendozino en Guadalajara, como la escalera claustral de tres tramos del Palacio de Don Antonio de Mendoza (1500-1507), antiguo Convento de la Piedad, obra atribuida al círculo del citado Lorenzo Vázquez(figura 6).



Figura 6
Escalera del Palacio de Don Antonio de Mendoza, Guadalajara (foto del autor 2006)

Por otro lado, y en relación con la pronta presencia de modelos italianos en la península, se han de destacar dos ejemplos emblemáticos en cuanto a la concepción espacial y tipológica de la escalera en su vertiente nobiliaria se refiere: el Palacio fortificado de La Calahorra en Granada (1506-1509), y el de Vélez Blanco en Almería (1506-1515), de cuya escalera desconocemos su trazado, ya que se perdió con motivo de la venta y exportación de su patio a manos privadas en el año 1904, para ser finalmente reconstruido en el Museo Metropolitano de Nueva York.

En cuanto a la escalera del Palacio de La Calahorra, obra promovida por el I Marqués del Zenete Don Rodrigo de Vivar y Mendoza y realizada por el pro-

pio Lorenzo Vázquez junto al escultor genovés Michele Carlone, va a suponer el «pistoletazo de salida» en la evolución del corpus de escaleras renacentistas en España (Zalama Rodríguez 1991, 339-341). Tipológicamente, como en el caso del Palacio de Don Antonio de Mendoza, nos encontramos ante una escalera claustral de tres tramos, con tribuna y caja abierta, en la que ya no está presente la falta de unidad con respecto al patio, produciéndose una completa integración en el trazado del inmueble (figura 7).

Figura 7
Embocadura de la escalera del Palacio de la Calahorra, Granada(foto del autor 2010)

Otro de los focos artísticos que mejor supo fijar las connotaciones intrínsecas de la tipología claustral al servicio de la utilitariedad del edificio, fue el salmantino, donde tiene lugar durante el primer tercio del siglo XVI un avance notable en ejemplos tan señeros como la escalera de la Casa de las Conchas (1512-1514), donde la anexión de la escalera con respecto al patio tiene lugar mediante la elevación en altura de un tercer tramo que permite a su vez la liberación espacial de un espacio cenital en el centro de la caja, visible gracias a la creación de un gran arco escarzano en la embocadura y desembocadura respectivamente(figura 8).

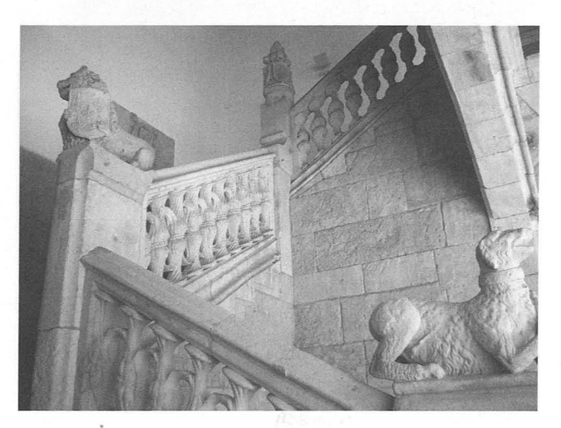


Figura 8
Escalera de la Casa de las Conchas, Salamanca (foto del autor 2004)

De la eclosión de las escaleras claustrales de tres tramos al surgimiento de nuevas tipologías de escaleras

Un segundo modelo en la evolución tipológica de la escalera renacentista, tiene como protagonista a la escalera claustral de tres tramos, trazada mediante la adición de un tercer nivel que acaba generando dos mesetas o descansillos, prolongándose en altura mediante tramos perpendiculares en ángulo recto, dispuestos sobre abovedamiento o muro en talud y mostrando en planta una forma de U invertida.

Como novedad exclusivamente hispana, ya experimentada dos décadas antes en Granada y Guadalajara, se ha de señalar la completa liberación y amplitud de uno de los frentes de la caja de la escalera, avance constructivo que permite la creación de una galería a modo de tribuna en lo alto y una notable apertura de la embocadura en arcuaciones dobles y triples; si bien, todavía nos encontramos con ejemplos de em-

bocaduras de un solo vano en los focos mallorquín y catalán, como las escaleras de la Casa Oleza en Palma de Mallorca (1525-1550) y del Palacio del Lloctinent (1549-1557) en Barcelona (Sánchez-Robles Beltrán 1988, 53)(figura 9).



Figura 9
Escalerade la Casa Oleza, Palma de Mallorca(foto del autor 2011)

Sin embargo, tal y como venimos constatando, será en las casas señoriales o nobiliarias donde la escalera desempeñe un papel fundamental, entendida como un elemento clave en la concepción aristocrática del ceremonial de la época, actuando como principal vehículo de unión durante el itinerario comprendido entre la portada, el patio principal y la planta residencial o planta noble (Martínez Montero 2012, vol. 1: 149-161). Un gran número de ejemplos fundamentalmente castellanos repetirán esta acusada tipología, introduciendo escasas novedades en la concepción espacial y funcional de la escalera: el Palacio de los Abarca-Alcaraz en Salamanca (1507-1521), la Casa-palacio de los condes de Alba de Aliste en Zamora (1524-1535), la Casa-palacio de los Marqueses del Arco en Segovia (1525-1550), el Palacio de los Dueñas o del doctor Diego Beltrán en Medina del Campo (1528-1530), el Palacio de los Condes de Miranda en Peñaranda de Duero (1520-1535), la Casa-palacio de Malpica y Valdepusa en Toledo (1530-1534), la Casa-palacio de Blasco Núñez Vela en Ávila (1541), la Casa-palacio de Don Miguel Don Lope(1530-1540), la Casa Zaporta (h. 1550) y el Palacio de los Condes de Morata en Zaragoza (1551-1554), la Casa del Licenciado Butrón (1565) y la Casa-palacio de Antonio de Velasco y Rojas conocida como el Palacio del Marqués de Villena en Valladolid (1550-1570), el Palacio de los Guzmanes en León (1558-1571), el Palacio del Cardenal Espinosa en Martín Muñoz de las Posadas (1569-1572), o ejemplos más tardíos como el Palacio de Orellana en Salamanca (1577), el Palacio de Fabio Nelly de Espinosa en Valladolid (h. 1582) o el Palacio de los Condes de Gómara (1577-1592) en Soria (figuras 10-12).[3]

Mención especial merece su desarrollo en los palacios de las villas ducales, modelos significativos encontramos en la escalera del desaparecido Palacio de Berlanga de Duero en Soria (1526-1529), obra de Juan y Pedro de Rasines, junto a la escalera proyectada por Alonso de Covarrubias en el Palacio de la villa de Pastrana en Guadalajara (1542-1580) o la monumental, aunque posterior en su ejecución, del Palacio de la villa de Lerma en Burgos (1613-1617).

Continuando con el análisis de la escalera claustral de tres tramos y como variante de este primer grupo tipológico tan preeminente, surgirá la escalera doble claustral, resultado de la adición de dos escaleras claustrales en una sola con el fin de resolver la necesidad funcional de accesibilidad a dos claustros o patios, trayendo como consecuencia un importante ahorro espacial en el conjunto del edificio, presentando un trazado en forma de H invertida.



Figura 10
Escalera del Palacio de los Dueñas en Medina del Campo, Valladolid (foto del autor 2004)



Figura 11
Escalera de la Casa-palacio de Blasco Núñez Vela, Ávila(foto del autor 2003)



Figura 12
Escalera del Palacio del Cardenal Espinosa en Martín Muñoz de las Posadas, Segovia (foto del autor 2003)

Con servidumbre a ambos espacios, su carácter simétrico y bidimensional fue impuesto por vez primera en la escalera del Alcázar de Madrid (1536-1547). Ubicada en el patio de los reyes del Alcázar madrileño, hoy desaparecida tras el incendio acaecido el 24 de diciembre de 1734, lleva la impronta de Alonso de Covarrubias junto a otros maestros de obras como Juan Francés, fue proyectada en 1536 y no se acabará hasta el año 1547 (Gerard Powell 1985, 161-164).

Una segunda variante tipológica —que en ocasiones tiende a fusionarse con su predecesora— será la escalera preimperial, también denominada pseudoimperial, que se desarrollará en un segundo momento, gracias a la unión de dos escaleras claustrales por un lateral, es un tipo de escalera más evolucionada en su traza y presentará en planta una forma de E invertida (Marías Franco 1985, 165). El propio Covarrubias será quien implante este modelo de carácter ceremonial y representativo en la escalera del Alcázar de Toledo (1552-1579), seguido por Francisco de Villalpando en su proyecto para la Casa del secretario real Don Diego de Vargas también en Toledo (1558-1559) y por el arquitecto genovés Giambattista Castello el Bergamasco en la escalera del Palacio del Marqués de Santa Cruz en El Viso del Marqués, Ciudad Real (1567-1580) cuya decoración de pinturas al fresco fue realizada por el maestro genovés Esteban Perolli entre los años 1581 y 1588.

El éxito de la multiplicación delos tramos en la escalera claustral: transposición de una tipología al ámbito religioso

El tercer eslabón en la cadena tipológica claustral lo constituye un tipo de escalera claustral de cuatro tramos, cuyo origen se remonta a las primeras escaleras toledanas de Juan Guas y Enrique Egas, configurándose mediante la superposición de zancas en arcos, incorporando un cuarto tiro volado que acaba por cerrar todo el conjunto y favoreciendo con ello la salvaguarda de un mayor desnivel en altura (figura 13).[4] Denominadas en el ámbito europeo como escaleras de caracol de planta cuadrada y caja abierta, su evolución tiene lugar durante la segunda mitad del siglo XVI, llegando a incorporar características propias de la arquitectura civil como la configuración de amplias tribunas de iluminación en el desembarco de las mismas. Escaleras de este tipo encontramos en las dependencias claustrales de edificios fundamentalmente religiosos, como el Convento de San Marcos en León (1542-1545), la Catedral de Segovia (1544-1558), el Convento de San Esteban en Salamanca (1553-1556) o la Real Colegiata de San Isidoro en León (1571-1580).

Finalmente, la complicación y multiplicación de los tramos en la tipología claustral hacia zancas cada vez más pronunciadas hizo que se desarrollaran las conocidas como escaleras voladas, resueltas mediante la descarga de grandes arcuaciones, constituyen la tipología más representativa en centros docentes e

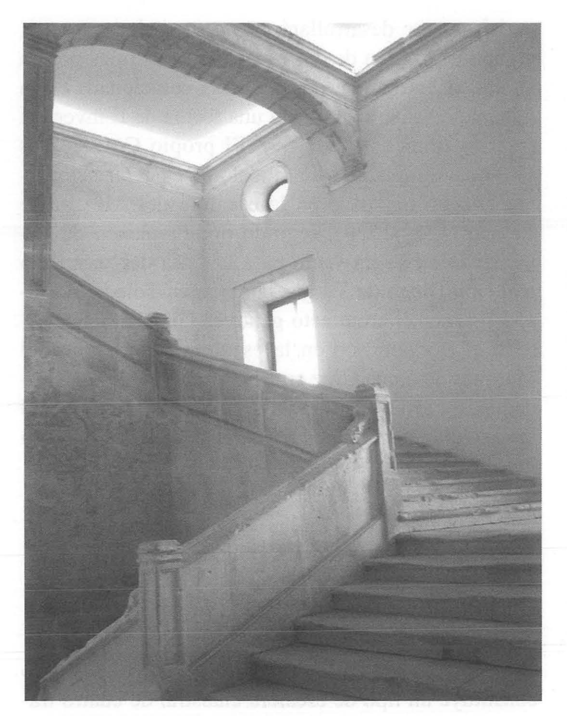


Figura 13
Vista interior de la escalera del Palacio de Saldañuela en Sarracín, Burgos (foto del autor 2003)

instituciones públicas. En la zona andaluza y levantina, siguiendo la denominación del tratado de Alonso de Vandelvira, se desarrollarán escaleras «adulcidas en cercha» como la de la Real Chancillería de Granada (1540-1578), el Colegio de Santo Domingo de Orihuela en Alicante (1566-1568) o el Colegio del Corpus Christi en Valencia (1599-1602) junto a las «adulcidas a regla», presentes en ejemplos como la Casa de Contratación o Lonja de Sevilla (1583-1598) (Palacios Gonzalo 1990, 128-133). En el ámbito castellano, las escaleras voladas estarán presentes en las dependencias claustrales de numerosos monasterios y conventos, resolviéndose mediante la habilidosa superposición en altura de cada uno de los tramos abovedados. El desaparecido Convento agustino de Madrigal de las Altas Torres en Ávila (1589) o el Monasterio de San Vicente en Salamanca (1597-1604) contaban con reconocidos ejemplos de escaleras voladas, alcanzando un mayor grado de experimentación en la escalera del aire del Convento dominico de San Vicente en Plasencia (1577-1578) y en la escalera del Monasterio de Santa María de la Vid en Burgos (1622-1625).

Notas

1. Historiadores de la talla de Paul Frankl (Frankl [1914] 1981, 126-133), Nikolaus Pevsner (Pevsner [1943] 1994, 236-238), J. M. Vliegenthart-Van der Valk Bouman (Vliegenthart-Van der Valk Bouman 1972, 443-454), Catherine Wilkinson Zerner (Wilkinson Zerner 1977, 151-188), Antonio Bonet Correa (Bonet Correa 1975, 75-111), André Chastel (Chastel 1985, 7-8), Jean Guillaume (Guillaume 1985a, 9-14; 1985b, 207-216), (Véronique Gerard Powell (Gerard Powell 1985, 161-164), Fernando Marías Franco (Marías Franco 1985, 165-170), Agustín Bustamante García (Bustamante García 1985, 171-174), Miguel Ángel Zalama Rodríguez (Zalama Rodríguez 1991, 339-343), Cecilio Sánchez-Robles Beltrán (Sánchez-Robles Beltrán 1988; Sánchez-Robles Beltrán 1991, 287-292; Sánchez-Robles Beltrán 1997), Ángel Santos Vaquero (Santos Vaquero 2003, 283-291) o Alfredo Ureña Uceda (Ureña Uceda 2007) han llevado a cabo valiosas aportaciones sobre el estudio de la escalera en la arquitectura del siglo XVI en España.
2. Un aperturismo que se materializará en las magníficas escaleras de vueltas valencianas de mediados del siglo XVI, como las de los Palacios de los Boil de la Scala y de En Bou (Bérchez Gómez 1994, 86-90).
3. Muchas de estas escaleras llevan la impronta de los mejores maestros del momento, como Juan de Álava, Luis de Vega, Rodrigo Gil de Hontañón o Alonso de Covarrubias entre otros, quienes tras ejecutar las trazas y acudir al remate de las mismas, solían dejar al cargo a sus discípulos más aventajados.
4. Una de las pocas excepciones en el ámbito civil la encontramos en la escalera claustral de cuatro tramos del Palacio de Saldañuela (1570-1580) en la localidad burgalesa de Sarracín (Martínez Montero 2012, vol. 1: 487-492).

Lista de referencias

Bérchez Gómez, Joaquín. 1994. *Arquitectura Renacentista Valenciana (1500-1570)*. Valencia: Bancaixa.

Bonet Correa, Antonio. 1975. «Introducción a las escaleras imperiales españolas». *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada*, 24: 75-111.

Bustamante García, Agustín. 1985. «La influencia italiana en la escalera española del Renacimiento».*L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, 171-174. París: Picard.

Chastel, André. 1985. «Un membre privilégié de l´architecture».*L´escalier dans l´architecture de la Renaissance*, 7-8. París: Picard.

Frankl, Paul. [1914] 1981. *Principios fundamentales de la Historia de la Arquitectura*. Barcelona: Gustavo Gili.

Gerard Powell, Véronique. 1985. «L´escalier de l´Alcazar de Madrid».*L´escalier dans l´architecture de la Renaissance*, 161-164. París: Picard.

Guillaume, Jean. 1985a. «Genése de l´escalier moderne».*L´escalier dans l´architecture de la Renaissance*, 9-14. París: Picard.

Guillaume, Jean. 1985b. «Le systéme de l´escalier».*L´escalier dans l´architecture de la Renaissance*, 207-216. París: Picard.

Íñiguez Almech, Francisco. 1952. *Casas Reales y Jardines de Felipe II*. Madrid: CSIC

Marías Franco, Fernando. 1983-1986. *La arquitectura del Renacimiento en Toledo (1541-1631)*. 4 vols. Madrid: Instituto Provincial de Investigaciones y Estudios Toledanos.

Marías Franco, Fernando. 1985. «La escalera imperial en España».*L´escalier dans l´architecture de la Renaissance*, 165-170. París: Picard.

Martínez Montero, Jorge. 2005. «La escalera en la arquitectura civil burgalesa del Renacimiento». *Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, II, 759-770, Madrid: Instituto Juan de Herrera, SEHC, COAC, COAATC.

Martínez Montero, Jorge. 2007. «Los tratados de arquitectura como fuentes para el estudio de la escalera renacentista». *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, II, 659-666, Madrid: Instituto Juan de Herrera, SEHC, CICCP, CEHOPU.

Martínez Montero, Jorge. 2008. *La escalera en la arquitectura civil del siglo XVI en las provincias de Burgos y León*. León: Universidad.

Martínez Montero, Jorge. 2011. *La Escalera Dorada de la Catedral de Burgos*. Burgos: Gran Vía.

Martínez Montero, Jorge. 2012. *El protagonismo de la escalera como símbolo de distinción social e imagen del poder en la arquitectura del siglo XVI en España: su proyección en el foco artístico burgalés*. 2 vols. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Geografía e Historia. Madrid: UNED.

Palacios Gonzalo, José Carlos. 1990. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*. Madrid: Ministerio de Cultura - ICRBC.

Pevsner, Nikolaus, [1943] 1994. *Breve historia de la arquitectura europea*. Madrid: Alianza.

Sánchez-Robles Beltrán, Cecilio. 1988. *Composición: La escalera I. La innovación tipológica en arquitectura: las nuevas escaleras post-medievales*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Sánchez-Robles Beltrán, Cecilio. 1991. «Las escaleras postmedievales: Alonso de Covarrubias y la escalera imperial». *Príncipe de Viana*, Anejo 10: 287-292.

Sánchez-Robles Beltrán, Cecilio. 1997. *Revisiones*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Santos Vaquero Ángel y Ángel CarlosSantos Martín. 2003. «Escaleras y patios de Covarrubias». *Alonso de Covarrubias: el hombre y el artífice*, 283-291. Toledo: Azacanes.

Ureña Uceda, Alfredo. 2007. *La escalera imperial como elemento de poder. Sus orígenes y desarrollo en los territorios españoles en Italia durante los siglos XVI y XVII*. Madrid: Fundación Universitaria Española.

Vliegenthart-van der Valk Bouman, J. M. 1972. «The origins of the Imperial Staircase». *Nederlands kunsthistorisch Jaarboek*, 23: 443-454.

Wethey, Harold Edwin. 1964. «Escaleras del primer Renacimiento español». *Archivo Español de Arte*, 148: 295-305.

Wilkinson, Catherine. 1977. «Style and spatial organization. The Lineage of the Spanish Imperial Staircase».*The Hospital of Cardinal Tavera in Toledo. A documentary and stylistic study of spanish architecture in the mid-sixteenth century*, 151-188. Nueva York y Londres: Garland.

Zalama Rodríguez, Miguel Ángel. 1991. «La escalera del Palacio de La Calahorra. Creación y difusión de un modelo». *Príncipe de Viana*, Anejo 10: 339-343.

El Palacio de Liria y Tomaso Buzzi: (Re)construcción y (Re)creación

João Mascarenhas Mateus

Después de la Guerra Civil Española, la reconstrucción del Palacio de Liria en Madrid ha sido un proceso prolongado durante varias décadas. Destruido en gran parte por un bombardeo en noviembre de 1936, el palacio había quedado reducido prácticamente a las paredes de las fachadas. A pesar de que una gran parte de las nuevas estructuras del edificio había sido realizada entre los años 1948 y 1956, las operaciones de revestimientos decorativos de los interiores han continuado hasta los años 1970. En un texto de 1973 relativo a la construcción del palacio para el III Duque de Berwick, José Manuel Pita Andrade (1922-2009) refería: «Al inaugurarse en 1956 el Palacio de Liria reconstruido se celebró un solemne acto en el que pronunciaron unas palabras la Duquesa de Alba y el Sr. Sánchez Cantón…». «Don Luis Martínez de Irujo y Artázcoz, al casarse en 1947 con doña Cayetana Stuart y Silva, heredera de los títulos de las casas de Berwick, Alba e Híjar, iba a jugar al lado de su esposa un importantísimo papel en la tarea restauradora…».

El apasionado interés por cuidar todos los detalles hizo que el acto inaugural de 1956 marcase sólo un punto de reposo de una tarea ardua. Casi sin pausa, desde entonces hasta ahora, se mejoró la decoración de numerosas estancias. Fueron remodelados el zaguán, la escalera principal y el vestíbulo de la planta noble, enriqueciéndose los techos con pinturas (Pita Andrade 1973, 321).

Pita Andrade no refiere nada más sobre la real naturaleza de esas remodelaciones y tampoco menciona el arquitecto que los ha conducido. En realidad, su nombre es Tomaso Buzzi (Sondrio, 1900 - Rapallo, 1981), un exponente del «Novecento Milanese» que solamente en la última década está siendo estudiado con profundidad. Profesor del Politécnico de Milán (1938-1954), fundador con Gio Ponti (1891-19179) da la Revista *Domus* y desde 1920 prolífico autor de centenas de proyectos de arquitectura, de muebles e interiores no sólo en Italia sino también un poco por todo el mundo (Mantovani 2004, 61-62). Un personaje hermético que para evitar cualquier compromiso con el régimen mussoliniano se especializó casi exclusivamente en la renovación y construcción de residencias, palacios y castillos de la gran nobleza y de la jet set italiana e internacional. Para entender su intervención madrileña, y con base en documentos inéditos depositados en el Archivo Tomaso Buzzi de La Scarzuola (ATBS)[1] se empezará por contextualizar la carrera personal y las obras que este arquitecto tenía entre manos en esa época, así como su relación mundana y de estudioso con Don Luis Martínez de Irujo (1919-1972), duque consorte de la xviii duquesa de Alba. Se seguirá la descripción de los trabajos proyectados por Buzzi realmente efectuados en el palacio, para terminar con algunas conclusiones sobre el proceso constructivo de la zona noble de un edificio emblemático, con un lenguaje artístico y tecnológico que todavía en los años 1970 estaba bien presente en las soluciones arquitectónicas adoptadas por una élite europea bien restringida.

El encargo a Buzzi. Relaciones cosmopolitas y reputaciones internacionales

El acuerdo con el arquitecto italiano no se había producido con anterioridad, a pesar de su vida mundana al más alto nivel internacional y de las muchas posibilidades que sin duda se habían producido de coincidir con el Duque de Alba[2]. Ya desde fechas muy tempranas Buzzi había desarrollado una activa carrera internacional. En 1925-26, realiza la villa L'Ange Volant en Garches-Francia con Gio Ponti y Emilio Lancia (1890-1973). En los años treinta expone repetidamente sus trabajos de diseño de muebles y cristales como director artístico de la Venini de Murano en la Bienal de Monza y después en la Trienal de Milán. Dibuja para Fortuny de 1932 a 1938 y para George Cukor en Hollywood, candelabros y espejos, en 1937. Entre 1953 y 1954 renueva y redecora las embajadas italianas en Luxemburgo, Berlín, Camberra, Addis Abeba, Yakarta, Tokio, Tel-Aviv y Bangkok. Realiza villas en Suiza, Francia, Bélgica y Brasil hasta los años 1970. Su responsabilidad en la imagen de lo mejor que Italia tiene para ofrecer en la posguerra se intensifica con la ejecución de los proyectos de las terrazas Martini & Rossi en Milán (1956), Barcelona (1960) y Londres (1963) y de la sede de la compañía en Génova, en 1963-65 (Chiesa 2008). Sus proyectos son fotografiados no solo para *Domus* como para otras revistas internacionales como *Harper's Bazaar, Stile*, *Connaissance des Arts* o *L'Oeil*.

En su diario, disponible también en el Archivo de La Scarzuola, son regulares las referencias de Buzzi a España o a sus relaciones de habla española —incluyendo los viajes a Madrid, en octubre de 1951 y en abril de 1952— la visita a Dalí en Port Lligat en 8 de octubre de 1956, la estancia en París en 1958 en casa del coleccionista chileno Arturo Lopez-Willshaw (1900-1962) o el almuerzo con el embajador de España en el castillo de Grazzano con ocasión de la boda de Don Marco Torlonia (n. 1937), primo hermano del Rey de España, en 1960. De 1959 a 1961, Buzzi realiza igualmente en la Villa Trissino de Vicenza una sala para la exposición permanente de los enormes tapices «Les enfants jardiniers» hechos a partir de cartones de Giulio Romano, comisionados por los Gonzaga en Bruselas en el siglo XVI y recomprados en subasta en Madrid por el Conde Gaetano Marzotto (1894-1972), en 1935. Es pues un arquitecto de renombre internacional, con experiencia consolidada en intervenciones del patrimonio artístico, perito en el estudio de la arquitectura clasicista, el que es contactado por el Duque de Alba, en 1961.

La documentación y sobre todo el epistolario del Archivo de La Scarzuola registran las varias fases que el proyecto de Liria ha seguido. Las primeras cartas del 1961,escritas en francés, entre el duque y Buzzino se refieren al Palacio de Liria y tienen sobre todo que ver con el intercambio de información entre dos coleccionistas y apasionados por el lenguaje clásico de la arquitectura[3].Por carta de 2.10.1961, el duque envía fotos de los frescos descubiertos en la cúpula de la Torre del Homenaje de Alba de Tormes pintados por Cristóbal Passin (o Cristoforo Passini di Sabbioneta) que había partido de esa ciudad italiana de los Gonzaga para servir a la Casa de Alba en 1560. Refiere la última vez que se han visto en Venecia y pide a Buzzi que le envíe imágenes del «impressionant» trabajo que este había realizado sobre Sabbioneta (el teatro de Vincenzo Scamozzi y los frescos del Palacio del Giardino). En 9.11.1961, el duque acusa la carta de Buzzi de 27.10.1961 y de las publicaciones solicitadas (Buzzi 1928a, Buzzi 1928b). Pide fotos de los frescos de ese teatro recientemente descubiertos y pregunta si la Marquesa Giovanna d'Arco tiene en su biblioteca más información sobre los pintores Passin. Más tarde, en 1967, este intercambio de información será de utilidad para la elaboración del discurso de investidura del duque como director de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando que se tituló «La batalla de Mühlberg en las pinturas murales de Alba de Tormes» (Martínez de Irujo 1962).

La escalera del Palacio de Liria. (Re)Construcción y (Re)Creación

Los trabajos de remodelación a los que Pita Andrade en 1973 se refirió incluyeron la escalera de honor, una de las componentes de representación patricia más impactantes del palacio. Destruida en 1936 juntamente con gran parte del interior del palacio tenía un diseño distinto del actual. Como es posible apreciar en las fotografías depositadas en el Archivo Moreno del Instituto del Patrimonio Histórico Español (IPHE), presentaba una doble rampa con acceso por un zaguán también con otras proporciones[4]. Cuatro ánforas con guirnaldas marcaban las extremidades de las rampas. Las columnas perimetrales cilíndricas

con acanaladuras de ángulos matados y de gusto ecléctico sostenían un entablamento con estucos decorativos, definiendo una planta cuadrada sobre la cual asentaba la base octogonal de una cúpula de gajos o gallonada. La transición entre las dos plantas era asegurada por 4 trompas decoradas con *putti* (foto IPHE). Del centro colgaba un candelabro metálico de brazos múltiples.

En el proyecto de reconstrucción, Edwin Lutyens (1869-1944), amigo personal del xvii duque ha optado por una escalera con una única rampa por la comodidad proporcionada por un numero de escalones más elevado que la de doble rampa, como referido en una carta de Lutyens al xvii Duque en 1940 (Stamp y Richardson 1983: 56). El proyecto de Lutyens de 1942 preveía sobre la escalera de honor un arquitrabe perimetral apoyado sobre columnas en dos de los lados opuestos de la planta cuadrada y sobre paredes en los otros dos lados. Sobre el arquitrabe una semibóveda esquifada plana (o de espejo) recibía en su centro un cimborrio perforado por 12 ventanas a medio arco, coronado por una cúpula. La transición entre la base circular del cimborrio y el perímetro de aristas superiores de la semibóveda esquifada estaba hecha mediante pechinas. La escalera daba acceso al salón-museo de la planta noble cubierto con una bóveda (Stamp y Richardson 1983: 59), en armonía con la fachada neoclásica que había sobrevivido.

Después de la última entrega de planos de Lutyens que habrá ocurrido en noviembre de 1943, el arquitecto Manuel Cabanyes Mata (1902-) se encargó de realizar el proyecto del colega británico con algunas modificaciones apreciables en su texto de la Revista Nacional de Arquitectura de 1948. El diseño de la escalera y de la cúpula sobre la semibóveda esquifada plana fue mantenido, pero se redujo el número de aberturas del cimborrio a 8 a pesar de seguir indicando 12 en su dibujo de la planta primera. La rampa de la escalera incluida en una planta cuadrada de proporciones 3x3 fue centrada en una planta rectangular 3x5 delimitada al nivel del plano noble por un arquitrabe soportado por columnas y pilastras jónicas de fuste liso. El salón-museo ha pasado a servir de gran vestíbulo, con cubierta plana. La reconstrucción ha sido hecha «teniendo en cuenta las posibilidades de los materiales que en la época actual se dispone para la edificación (hierro, hormigón armado, etc.), logrando con ellos salvar mayores luces, buscando la amplitud de los salones, salas, etc.» (Cabanyes 1948, 367).

Observando las fotos de diversas publicaciones como las de Pita Andrade contemporáneas de la inauguración del palacio reconstruido en 1956, es posible constatar la ausencia de pinturas en toda la escalera, con excepción de la inscripción conmemorativa mandada realizar por el xvii duque poco antes de su muerte (figura 1). Ninguna foto permite ver el intradós de la cúpula que muy probablemente ha quedado por decorar al igual que el resto de la escalera, hasta la intervención de Buzzi.

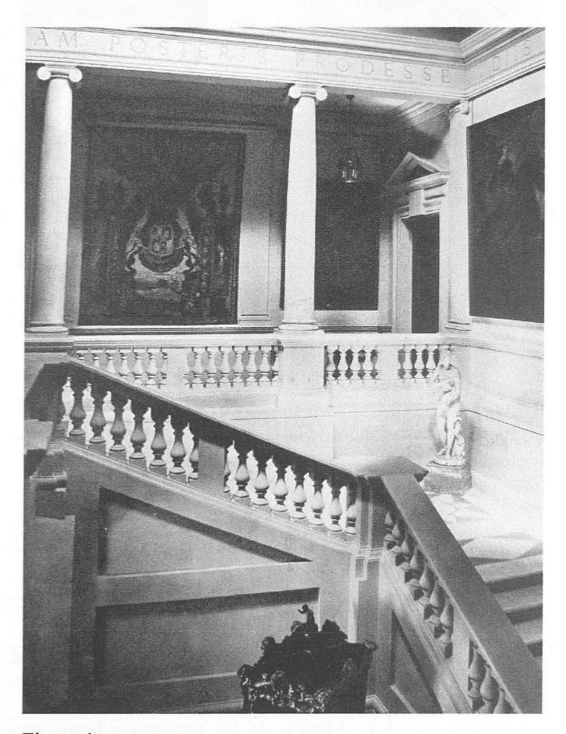


Figura 1
Escalera principal antes de la intervención de Buzzi de una revista francesa non identificada (ATBS)

Algunos años después de los contactos preliminares de aproximación intelectual y estética referidos anteriormente, es a partir de la visita de Buzzi a Madrid en marzo de 1966, cuando el proyecto de decoración de la escalera de honor tomará forma reflejándose en el incremento de cartas y telegramas y en los registros del diario personal de Buzzi[5].



Figura2
Tomaso Buzzi bajando de la escalera del avión en Madrid. Fotografía con anotación en el reverso «Madrid, scendo del aéreo 1967» (ATBS)

En la tabla siguiente se presenta un resumen de los documentos disponibles en el ATBS[6]:

Además de las 3 estancias de Buzzi en Madrid con motivo de los trabajos en Liria (1966, 1968 y 1970) el duque y su «cher ami» arquitecto habrán coincidido en Roma en febrero de 1967 conforme a la carta del duque de 31.01.1967, de nuevo en Roma en 31 marzo de 1968 de acuerdo con la carta de 16.03.1968 y el telegrama de 26.03.1968, y posiblemente en Venecia o en Roma en torno al 14.05.1968, como aparece propuesto por la carta del duque en 07.05.1968.

Para el diseño de la pintura de la semibóveda esquifada y de la cúpula, Buzzi trabajará sobre medidas tomadas in situ y enviadas para Italia, después de montado un andamio «adéquat» y al «moment propice», como refiere la carta del duque de 15.12.1966. El arquitecto usará igualmente la sección que se presenta, en depósito en el ATBS y no firmado, que corresponde en parte a la distribución de la escalera de honor y a las puertas de la planta noble, pero con una cúpula sin cimborrio no apoyada en una bóveda esquifada (figura 3). El casetonado ahí representado se inspira directamente en el Panteón de Roma y se supone meramente indicativo.

Las diversas hipótesis de decoración de la cúpula empiezan a ser discutidas casi en simultáneo con la pintura de la bóveda esquifada. Para el efecto, en el inicio de 1967 es contactado el pintor Angelo Zap-

	Fase del proyecto	Cartas/telegramas/facturas/ registros de diario (fechas)
1	Tomaso Buzzi en Madrid para el proyecto de Liria – 1.	12 a 17 Marzo 1966: Factura Hotel Ritz, habitación 231
2	Estudios preliminares para la cúpula de la escalera de honor/ levantamiento. Estudio para un solado de mármol.	Entre Buzzi y el duque: 15.12.1966; 31.01.1967; 16.03.1968; 26.03.1968; 11.05.1968; 07.05.1968
3	Envío de los primeros esbozos para la bóveda esquifada y para la cúpula del pintor Angelo Zappettini a Buzzi.	Entre Buzzi y Zappettini: 31.03.1967
4	Tomaso Buzzi en Madrid para el proyecto de Liria – 2.	12 a 16 Julio 1968: Factura Hotel Ritz, habitación 314
5	Solado en mármol a realizar por la empresa Paolo Medici & Figlio en el vestíbulo de la planta noble.	07.08.1968; 23.08.1968
6	Ejecución de las pinturas de la bóveda esquifada y de la cúpula de la escalera de honor por el pintor Angelo Zappettini.	Entre Buzzi y Zappettini: 10.10.1968; 12.02.1969; 10.03.1969; 18.03.1969; 31.03.1969; 20.04.1969; Entre el duque y Buzzi: 23.09.1969
6	Tomaso Buzzi en Madrid para el proyecto de Liria – 3	15 a 18 Noviembre 1970: Factura Hotel Ritz, habitación 132

Tabla 1
Documentación para cada fase del proyecto

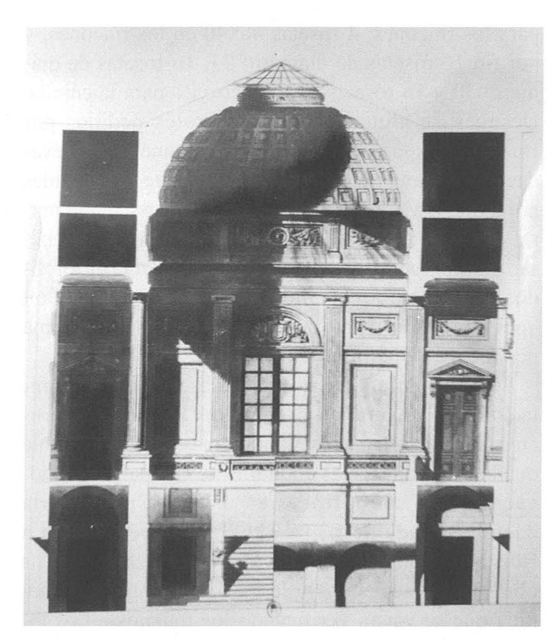


Figura 3
Sección de escalera semejante a la de Liria con pilastras estriadas (ATBS)

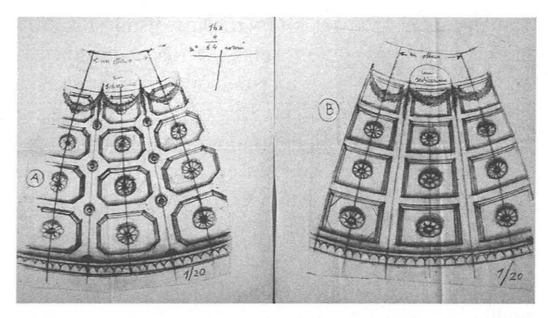


Figura 4
Pruebas para la cúpula casetonada A y B (copias heliográficas en papel albanene, ATBS)

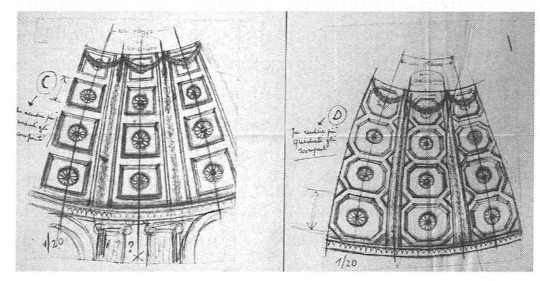


Figura 5
Pruebas para la cúpula casetonadaC y D (copias heliográficas en papel albanene, ATBS)

pettini con estudio en Via Settembrini en Milán. Angelo y su hermano Mario eran pintores-restauradores bergamascos con gran reputación en pintura al fresco. Habían, entre otros, recuperado los murales de la Iglesia de San Rafael y los del Bergognone (1470-1524) en la sacristía de la Iglesia de la Pasión, ambas en Milán.

Así en 31.03.1967, Zappettini envía a Buzzi los primeros dibujos para la decoración de la bóveda esquifada de la escalera destinada para Madrid con secciones a escala 1:20 a color, tabla de colores y las soluciones de ángulo apenas esbozadas. Menciona igualmente el envío de dos soluciones (A) y (B), respectivamente con 48 y 96 «rosoni» para la cúpula. Se trata de pruebas realizadas para un «sedicesimo» de la cúpula, de las cuales se encuentran 4 estudios también con 64 rosetas con cuadrados y octógonos, en el ATBS (figura 4, figura 5).

En 1967, la discusión sobre la pintura de las bóvedas de la escalera es interrumpida por la remodelación del suelo en mármol del gran vestíbulo en la planta noble y posiblemente por las muchas obras comisionadas a Zappettini. Solo un año más tarde, por carta manuscrita de 10.10.196 y después de la segunda visita de Buzzi a Liria, el pintor promete al arquitecto que después de su mucho trabajo en la Capilla de S. Scolastica en la Abazia de Montecassino iniciará inmediatamente el trabajo para su «Ilustre Cliente Madrileno». En 12.02.1969 siempre de Milán, el pintor da cuenta a Buzzi de haber terminado «i vasi ed i festoni» para la bóveda esquifada y de que faltan todavía los «otto angoli delle bandiere ed i quatro trofei centrali». Envía nuevos esbozos para el casetonado de la cúpula «da incollare in posto, independentemente dello scomparto che verrà scelto», solicitando la factibilidad de la propuesta. Es evidente pues que, probablemente, desde el inicio se consideraba la posibilidad de ejecutar las pinturas de la bóveda y cúpula de la escalera sobre tela en Milán y aplicarlas en el palacio con la técnica de marouflage[8].

En 10.3.1969 una nueva carta de Zappettini a Buzzi explica los 2 estudios A y B (figura 6). Respecti-

vamente con 48 rosetas (16 rosetas dispuestas en 3 hileras circulares) y 96 rosetas (24 rosetas dispuestas en 4 hileras circulares). La solución A correspondía a las indicaciones dadas por Buzzi anteriormente por teléfono. En la opinión del pintor la solución A le parecía más proporcionada sin entorpecer ninguna de las soluciones para las lesenas del cimborio. Al contrario, encontraba la solución B demasiado llena y monótona, tendiendo los casetones a alargarse en vertical. La solución A terminará por ser la seleccionada.

En 18.03.1969 el pintor envía una nota de actualización de los gastos adicionales para la «Scala del Palazzo Liria a Madrid» que «avremmo dovuto fare a Madrid e che giustamente il Sig. Architetto mi ha consigliato di preparare a Milano per risparmiare tempo in posto». Son contabilizados 18 metros lineales de tela pintada a imitación de molduras para las lesenas del tambor; 4 festones alternados pintados sobre tela para los espacios entre lesenas (2,00x0,50m); 81 metros lineales de molduras de coronación pintadas sobre tela para colocación perimetral en la sección superior cuadrada de la bóveda esquifada; 29 metros lineales de molduras con óvalos para los rincones; 4 rosetas 40x40 en los rincones; y por fin 16 rosetas de diámetro 33, 16 rosetas de diámetro 30 y 16 rosetas de diámetro 21 para la cúpula. Después de algunos retoques finales pedidos por Buzzi, todas las telas han sido empaquetadas, llevadas a la aduana del aeropuerto de Linate y expedidas por avión a Madrid en 31.03.1969. La aplicación mural de las telas habrá sido hecha por Zappettini a pesar de problemas de corazón que le afectaban referidos en una carta del pintor a Buzzi de 12.02.1969 «per riprendere bene poi ed essere in buona forma per andare a Madrid».

Sobre la pintura del resto de la escalera —con imitaciones de travertinos y alabastros listados, en particular de los pasamanos y pilastrinas, es muy posible que hayan sido hechas en la misma campaña de renovación pero con artífices españoles. En una carta dactilografiada de 23.08.1968 el duque informa a Buzzi que «de un momento a otro empezarán con las obras de la escalera y ya le iré dando noticias, a medida que se vayan verificando los trabajos». Los tonos de amarillo de los falsos mármoles se conjuntan

Figura 6
Variantes finales para la cúpula de la escalera en los dibujos de Zappettini, marzo 1969 (copias heliográficas en papel albanene, ATBS)

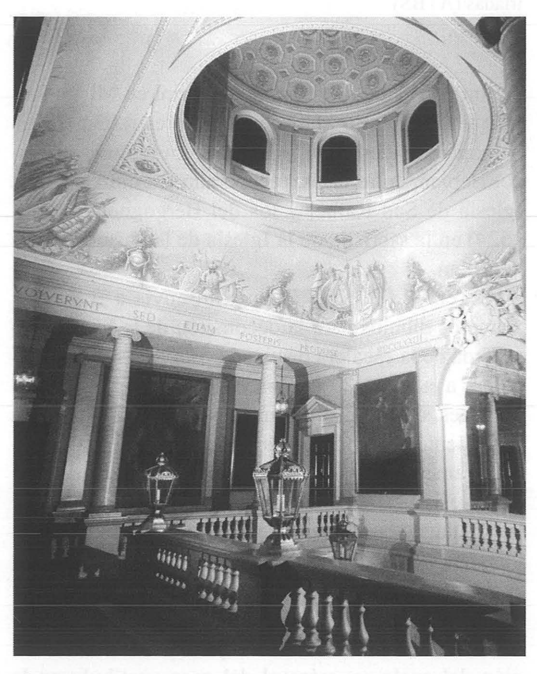


Figura 7
El aspecto de la escalera de honor después de la intervención de Buzzi (ATBS)

bien con los amarillos usados en las bóvedas y están presentes en las fotos del zaguán (figura 11) disponibles en el ATBS. Todavía, fotos de los años posteriores a 1970 dan cuenta de la pintura adicional de los espejos de las pilastrinas de la escalera con falsos mármoles en rojo.

La remodelación del vestíbulo de la planta noble y el zaguán

Paralelamente a los trabajos de la escalera, en el ATBS es posible igualmente encontrar referencias a intervenciones en el vestíbulo de la planta noble y muy probablemente a otras en el zaguán. En carta de 07.05.1968 el duque pregunta si Buzzi había recibido el presupuesto del «solado de mármol» y en 07.08.1968, la empresa Paolo Medici & Figlio de Roma[7]envía un presupuesto acompañado de dibujos «tinteggiati» para el citado solado. El presupuesto es aceptado por el duque en carta enviada a Buzzi en 23.08.1968 con la condición de la colocación de las losas en «sentido diagonal» como el «dibujo primitivo». Las fotos de ese espacio tomadas después de terminadas las obras de reconstrucción revelaban un suelo dividido en 3 compartimentos por molduras en mármol rojo con motivos estelares (figura 8).

Las fotos disponibles en el ATBS revelan la actual conformación del pavimento con una única moldura perimetral en mármol rojo, un florón central y losas en diagonal de brecha italiana dispuestas con un apurado sentido de continuidad de las venaduras naturales. Un trabajo de una calidad propia de una residencia patricia romana (figura 9).



Figura 9
El vestíbulo de la planta noble en los años setenta después de la intervención de Buzzi, con las losas en diagonal (ATBS)

En relación al zaguán, las fotos de las publicaciones de Pita Andrade de 1956-59 dan cuenta de un entablamento perimetral con un fino arquitrabe, friso alto de metopas y triglifos rematado superiormente por un *geison* con *mutuli*, de gusto dórico y realización academicista (Fig. 10). Las imágenes del zaguán disponibles en el ATBS hacen ver las transformaciones del entablamento, reducido en espesor y simplificado a la manera de Palladio sobre las pilastras que

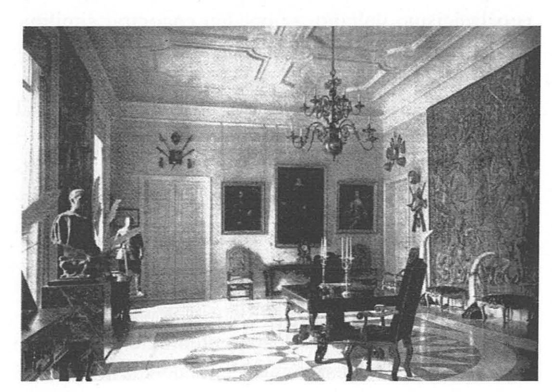


Figura 8
El vestíbulo de la planta noble después de las obras de reconstrucción (Pita Andrade 1956, 370)

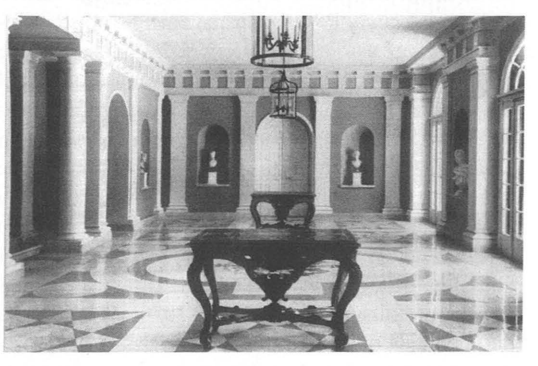


Figura 10
El zaguán después de las obras de reconstrucción (Pita Andrade 1959, 18)

han ganado en altura (Fig. 11). Un resultado que se aproxima claramente del lenguaje de la fachada. Actualmente, el aspecto del zaguán es diverso, sobrecargado de decoraciones y gamas de color variadas.



Figura 11
El zaguán en los años 1970 (ATBS)

Conclusión

Además de la información transmitida por los documentos de realización de las obras de Buzzi en Liria, algunas consideraciones pueden ser todavía añadidas para contextualizar las decisiones tomadas en todo el proceso constructivo.

Tomaso Buzzi fue un arquitecto que ha tenido siempre el coraje de innovar utilizando el lenguage clásico de la arquitectura. Por eso, aparentemente, no se incluyó en las vanguardias del siglo XX. Era un hombre de continuidad más que de rupturas. Admiraba a Miguel Ángel, Giulio Romano y Vasari y usaba las gramáticas de Serlio, Scamozzi y Palladio, en su lenguaje de gran erudición, aplicado en un número impresionante de otras grandes residencias a lo largo de su carrera. A la manera humanista y para compensar la distancia que lo separaba de la obra, ha igualmente procurado entender el espíritu del lugar, los dueños de la casa y comitentes de la obra. En su diario, en 17.11.1970 anota el menú de la comida que ha tenido en el palacio con los duques y sus hijos. Los describe uno a uno sumariamente y tiene tiempo hasta para hacer un croquis de la duquesa sentada en su despacho (figura 12).



Figura 12
Esbozo hecho por Tomaso Buzzi de la Duquesa de Alba en su escritorio, 1970 (dibujo a bolígrafo en papel albanene, ATBS)

En Liria ha entrado ciertamente en diálogo con el neoclasicismo de la preexistencia más auténtica que era la fachada del palacio, buscando incrementar la coherencia de gusto y exactamente de gramática. En su acercamiento al *genius loci* de la tradición militar de los Alba se inspira en las banderas y trofeos de la fachada para las pinturas de la escalera de honor. En relación con el casetonado de la cúpula, el origen de las inspiraciones puede haber sido variado. Teniendo en cuenta la tradición británica y considerando una eventual indicación primordial de Edwin Lutyens podría pensarse en una revisitación de la cúpula de Chiswick House (1729) en el oeste de Londres, villa neo-paladiana de Lord Burlington (1694-1753). En el neoclasicismo italiano, se pueden encontrar similitudes en la cúpula de la Tribuna d'Elci (1841) proyectada por Pasquale Poccianti (1774-1858) en la Biblioteca Medicea Laurenziana o en la de San Carlo al Corso de Milán (1847) diseñada por Carlo Amati (1776-1852). En el vestíbulo, Buzzi corrige puntualmente el solado de marmol para darle más dignidad y erudición, sucediendo algo semejante con el orden arquitectónico del zaguán.

El conocimiento y el dominio de las técnicas de proyecto y ejecución hacen de esta obra un paradigma técnico-constructivo, aparentemente anacrónico por tratarse de recrear un ambiente neoclásico en una estructura de hormigón armado, reconstruida sobre ruinas de algo que había sido un palacio. Exactamente porque el arquitecto era conocedor de las antiguas

técnicas constructivas y había sido formado todavía en el lenguaje clásico de la arquitectura no ha contribuido a la realización de un falso histórico. La continuidad proyectual y material ha conseguido hacer de Liria un ejemplar único del neoclasicismo en España. Por esa razón inmediatamente después de las obras de Buzzi, el palacio fue declarado Bien de Interés Cultural, en 1974.

No se ha encontrado noticia de que Buzzi haya vuelto a Liria después de 1970. Nuevos proyectos importantes lo esperaban. En ese mismo año iniciaba la restauración de una parte del Arsenal de Venecia que lo ocuparía hasta 1978. Más villas en S. Moritz, en Bruselas o en la embajada italiana de Nueva Delhi. La erudición nómada de Tomaso Buzzi, su estilo intemporal de construir, el diálogo natural y mundano con comitentes ilustres, la colocación de todas las técnicas y medios de transporte y comunicación disponibles para la optimización de procesos viejos de siglos, su forma de hacer propria de un arquitecto del mundo globalizado *avant la lettre* son algunos de los muchos aspectos a revisitar en la obra de este creador italiano porque constituyen contribuciones importantes para el conocimiento europeo de la capacidad inventiva de saber edificar del siglo XX.

Notas

1. Todos los documentos citados se encuentran en el Archivo Tomaso Buzzi (ATBS) y son reproducidos aquí con permiso gracioso de su heredero, Marco Solari. El archivo está situado en el complejo de la ciudad-teatro La Scarzuola, en la provincia italiana de Terni, la gran obra privada de este arquitecto iniciada en 1958 y basada en *La Hypnerotomachia Poliphili*, obra básica del Renacimiento Italiano.
2. Buzzi había renovado en 1951-52 el Corviglia Ski Club en St. Moritz fundado en 1931 por el xvii Duque de Alba (1878-1953) y un grupo de amigos. El suegro de D. Luís era miembro vitalicio del club desde 1950 y Buzzi miembro honorario en 1956.
3. La correspondencia citada a continuación se encuentra en el Dossier «Settore: Committenti - Fascicolo nº 262 - D'Alba - Corrispondenza relativa ai lavori per il duca d'Alba a Madrid, Palacio de Liria».
4. Las fotos del Archivo Moreno del IPHE con referencias 14983_B, 15001_B y 15082_B hacen ver claramente la configuración de la antigua escalera. Las fotos 15001_B y 15082_B, el antiguo zaguán.
5. En el mismo dossier nº262, se encuentra una carta sin fecha en la que Buzzi menciona al duque su disponiblildad para un encuentro en Roma o Madrid para organizar una visita Madrid «au mois de juin». Confrontando esta información con el diario personal del arquitecto del año 1965, se encuentra el registro de un viaje a Madrid y Lisboa (para una visita al Rey Umberto en Cascais), del 5 al 18 de Junio de ese año. Por esa razón, es posible suponer que el primer cambio de impresiones sobre el proyecto de Liria haya empezado ya en 1965.
6. A partir de 07.05.1968 el duque y Buzzi se escriben en español e italiano, respectivamente, revelando una proximidad pragmática señal de la efectiva ejecución de los trabajos. El último registro, del diario de Buzzi, relativo a los Alba data de 17.11.1970.
7. Paolo Medici & Figlio - «Architettura e decorazioni in marmo e pietre, casa fondata nell'anno 1830», con sede en Via dei Papareschi. En la carta de 07.08.1968 dirigida a Buzzi con copia del presupuesto la impresa refiere que los precios y los dibujos han sido enviados al duque en la misma fecha en que otro presupuesto había sido enviado a la Princesa Colonna en St. Moritz. Buzzi hará trabajos en el Palacio Colonna de 1971 a 1977. En el ATBS no fueron encontrados los dibujos pintados del solado a los que la carta se refiere.
8. Marouflage es una técnica de pintura mural que consiste en hacer adherir a los muros lienzos o telas mediante un adhesivo (cola animal, albayalde, otras colas basadas en aceites o cera con colofonia o pez de Castilla). Usada frecuentemente a partir del siglo XVI en Europa y el Nuevo Mundo, era una técnica empleada todavía en grandes encargos o restauraciones de monumentos en el periodo posterior a la segunda guerra mundial en Europa (Koller 2005).

Lista de referencias

Buzzi, Tomaso. 1928a. «Il "Teatro all'antica" di Vincenzo Scamozzi in Sabbioneta». *Dedalo*, VIII-VIII: 488-524.

Buzzi, Tomaso. 1928b. «I Palazzi Ducali di Sabbioneta. II, Il Palazzo del Giardino».*Dedalo*, IX-IV: 221-252.

Buzzi, Tomaso (a cura di E. Fenzi). 2000. *Lettere, pensieri, appunti. 1937-1979*. Milano: Silvana Editoriale.

Cassani, Alberto Giorgio (ed.). 2008. *Tomaso Buzzi: il Principe degli Architetti (1900-1981)*. Milano: Electa.

Chiesa, Silvia. 2008. «Regesto delle opere». *Tomaso Buzzi: il Principe degli Architetti (1900-1981)*, A.G. Cassani (ed.), 320-28. Milano: Electa.

Chueca Goitia, Fernando. 2001. «Palacio de Liria (I)». *Restauración y Rehabilitación*, 51: 20-21.

Chueca Goitia, Fernando. 2001. «Palacio de Liria (II)». *Restauración y Rehabilitación*, 52: 18-19.

De Cabanyes, Manuel. 1948. «La Reconstrucción del Palacio de Liria». *Revista Nacional de Arquitectura*, 82: 365-372.

García Gomez, Emilio. 1956. «El Palacio de Liria redivivo». *ABC* (14 junio).

Koller, Manfred. 2005. «La marouflage: fortuna storica italiana ed europea e problemi del restauro». *Sulle pitture murali: riflessione, conoscenze, interventi. Atti del convegno di studi, Bressanone, 12-15 July 2005*, Guido Biscontin (ed.), 11-16. Venezia: Edizioni Arcadia Ricerche.

Mantovani, Silvia. 2004. «La Scarzuola, ovvero "opera classica, medioevale, rinascimentale, manieristica e anche, perche no, decadente"». *Quaderni della Rivista Ricerche per la Progetazzione del Paesaggio,* 1-3: p. 61-71.

Martínez de Irujo y Artázcoz, Luis, Duque de Alba. 1962. *La batalla de Mühlberg en las pinturas murales de Alba de Tormes. Discurso de... D. Luis Martínez de Irujo y Artázcoz, Duque de Alba leído en el acto de su recepción pública el 18 de marzo de 1962. y contestación de... D. Francisco Javier Sánchez Cantón.* Madrid: Suc. de Rivadeneyra.

Pita Andrade, José Manuel. 1956. «El palacio de Liria reconstruido. La colección de cuadros de la Casa de Alba». *Goya - Revista de Arte*, 12: 369-377.

Pita Andrade, José Manuel. 1959. *El Palacio de Liria*. Madrid: Instituto de Estudios Madrileños.

Pita Andrade, José Manuel. 1973. «La construcción del Palacio de Liria». *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, 9: 287-322.

Sánchez Cantón, Francisco Javier. 1956. *El Palacio de Liria. Pasado y presente (palabras preliminares de la Duquesa de Alba)*. Madrid: s/n.

Siruela, Jacobo. 2012. *El Palacio de Liria*. Girona: Atalanta.

Stamp, Gavin y Margaret Richardson. 1983. «Lutyens and Spain». *AA Files*, 3: 51-59.

Las cúpulas en la arquitectura clásica otomana. Siglos XV y XVI

Jorge Mateos Enrich

La presente ponencia tiene como objetivo dar luz sobre un tema poco considerado o estudiado en Occidente: la construcción de cúpulas en la arquitectura clásica otomana, y más concretamente las que produjo Mimar Sinán en sus mezquitas de los sultanes en Estambul. Es un hecho que nuestro marco de referencia sobre la Arquitectura y la Construcción es la parte Occidental del continente europeo. Pero detenerse ahí sería un claro ejercicio de desplazamiento de la cuestión, basada en un insostenible eurocentrismo Occidental.

Santa Sofía de Constantinopla

El diseño de Santa Sofía no tenía precedentes próximos. Está constituido por elementos corrientes de la época, pero esos elementos, en cuanto se sabe, jamás habían sido conjuntados en combinación semejante. Así tampoco fue imitada en los siglos siguientes, es decir, no hasta que aparecen las mezquitas otomanas del siglo XV y XVI.

Como menciona Más-Guindal al respecto de las estructuras de fábrica (Mas-Guindal 2011) una estructura de fábrica es un agregado de materiales que sólo trabajan a compresión, esto es, materiales pétreos. En las fábricas no hay deformación elástica, no cabe ningún tipo de análisis que provenga de la relación tensión-deformación. El edificio antiguo posee gran estabilidad derivada del peso de sus materiales y de las bajas esbelteces de sus elementos. Todo el elemento resistente está en el material. Este ha limitado tanto el tipo de estructura como el límite de tamaño. Se puede decir que la escala cualifica y cuantifica el problema estructural, realmente existen estructuras porque hay gravedad.

El análisis de los edificios de fábrica se debe abordar desde la rigidez, la resistencia y la estabilidad. Es en la estabilidad donde radica el problema. Modificaciones de carga pueden ocasionar modificaciones en la forma. Estas modificaciones de carga se deben a la alteración en las llamadas condiciones de contorno. Es, por tanto, el mantenimiento de la forma lo que garantiza su estabilidad. Aparece un elemento inseparablemente ligado a esto cual es el concepto de geometría. La cúpula como elemento cimero de la producción bizantina y posteriormente de la otomana, es un elemento clave que hay que tratar aparte de consideraciones estrictamente formales. Efectivamente, las realizaciones arquitectónicas de Sinán se generan o son generadas a partir de la cúpula, en un proceso que se puede denominar deductivo (Vogt-Göknil 1965).

Cúpulas

Una cúpula es una estructura de forma, aproximadamente, semiesférica en la que la forma más habitual es la de cáscara de revolución en la que todas las secciones horizontales son circulares. Por otra parte el estudio de los edificios referidos en párrafos anterio-

res se acomete desde la llamada teoría de cáscaras. Ello es debido a su delgadez. En efecto, el espesor de las cúpulas de Santa Sofía o de las mezquitas de los sultanes se estima entre 60 y 80 centímetros. Su elaboración se realiza mediante la técnica de lechos cónicos y están construidas con hojas de ladrillo.

La arquitectura Otomana temprana. El germen de las mezquitas de los sultanes

La arquitectura otomana como tal evolucionó a partir de múltiples influencias: griegas, árabes, sasánidas, mongolas, bizantinas y selyúcidas. Los arquitectos otomanos supieron amalgamar todas ellas y crear una arquitectura con identidad propia. Este proceso llegó a su momento de máximo esplendor con el arquitecto real del Sultán Süleyman: Sinán. Se puede concluir que con Mimar Sinán se entró en un proceso de Renacimiento Otomano, coincidente con el Renacimiento Italiano. Este proceso fraguó en el periodo de la Arquitectura Clásica Otomana, siendo su máximo exponente Sinan Ibnd Abdulmenann: Mimar Sinán (1498-1588). Las mezquitas de este periodo temprano (siglos XI al XIII), a su vez, evolucionan de las tradicionales mezquitas hipóstilas, llamadas mezquitas árabes, aunque también, aparecen pequeñas mezquitas cúbicas coronadas por una cúpula. Quizá es a partir de estas últimas donde fija su punto de partida la arquitectura que culminará con las Mezquitas de los Sultanes.

Primeras mezquitas otomanas.

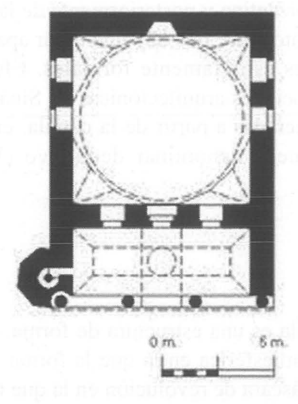
Siempre es complejo y arriesgado poner fechas y características únicas a un proceso continuado en el tiempo, y más si este es el proceso arquitectónico. En cualquier caso hay que tomar nudos de principio y desarrollo. En las ciudades de Bursa e Iznik, respectivamente, se produjeron dos mezquitas que se toman como el principio de la arquitectura otomana. Estas son la Mezquita de Alâüddin (1326) y la Mezquita de Haci Özbek (1333) (Kuran 1970, 32-34; Goodwin 1987,17-18).

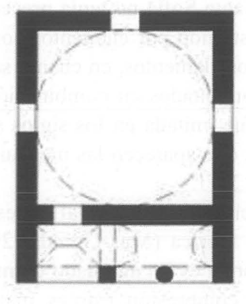
Las primeras mezquitas de los sultanes

A partir de la toma de Constantinopla por Mehmet II, el 29 de mayo de 1453, ya se puede hablar abiertamente de «mezquitas de los sultanes». Se está ya en una Constantinopla ocupada. A partir de aquí se retoman y funden, tanto la tradición de la arquitectura temprana otomana como lo que de referencia representará la iglesia bizantina.

Mehmet II, conocido como Fatih (conquistador) levanta la primera mezquita en Estambul que iniciará un camino seguido por los posteriores sultanes. Comienza la época de las mezquitas de los sultanes.

La Mezquita Imperial llamada Fatih, se inscribió con osadía en la carrera en busca de la mayor cúpula iniciada con la de Uç Serefeli en 1447. Aunque gran parte del conjunto fue destruido en el terremoto de





Figuras 1 y 2
Planta de la mezquita de Alâüddin y de la mezquita de Haci Özbek (dibujo del autor)

1766 fue reedificado por Mustafá III durante los siguientes 5 años.

Los muros exteriores, dos macizos pilares y dos enormes columnas sostenían una cúpula central de ladrillo de unos 26.00 metros de diámetro a 28.50 metros de altura con una semicúpula del mismo diámetro sobre el mihrab y tres cúpulas más pequeñas dispuestas en línea a cada lado. La planta es una secuela lógica de la mezquita de Uç Serefeli. La principal diferencia es que aquí la cúpula se apoya sobre cuatro puntos en vez de sobre seis. La utilización de una semicúpula, que sería el centro fundamental en la experimentación espacial en el diseño de mezquitas en el curso del siglo siguiente, se inspiró sin duda en el ejemplo de Santa Sofía, que se hallaba ante los ojos del arquitecto.

La siguiente mezquita de importancia levantada en Estambul es la que erigió el sucesor de Mehmet II, su hijo Bayaceto II. Aquí la cúpula no acusa la inestabilidad derivada del apoyo de una sola semicúpula en la parte de la quibla, sino que está equilibrada por una segunda semicúpula en la parte del acceso a la sala de oración. También se apoya en cuatro pilares que crean cuatro pequeñas cúpulas laterales a cada lado de la principal. Ello conduce a una planta simétrica norte— sur inscrita en un cuadrado perfecto de 37.00 metros de lado.

Los arquitectos de esta mezquita fueron extremadamente prudentes ya que el diámetro de la cúpula no excede los 17.00 metros de diámetro. Se empieza a atisbar un camino marcado por dos aspectos: el primero es la búsqueda de un espacio centralizado en base a una cúpula principal, iniciado en Uç Serefeli y otro claramente inspirado en la gran iglesia de Santa Sofía. Estos dos caminos van cambiando la forma evolutiva en los modos de hacer de la arquitectura otomana. Este proceso cristaliza definitivamente con el llamado 'príncipe de las artes' de la cultura otomana; el maestro Sinán; Mimar Sinán (el gran Sinán).

La arquitectura clásica Otomana. Las obras de Mimar Sinán

La arquitectura clásica otomana alcanzó su máxima expresión con el arquitecto real del sultán Süleyman; Mimar Sinán. El momento de las producciones de Sinán coincidió con el máximo poderío económico y cultural del Imperio de la Sublime Puerta. Sinán Ibd Abdulmennan, más conocido como Mimar Sinán (Mimar significa arquitecto) o simplemente como Sinán, nació en torno al año 1497 o 1498 (se tiene evidencias de que provenía de la región de Capadocia, concretamente de un pueblo llamado Akdâg) y murió en 1588. Fue, por tanto, contemporáneo de Vignola, Palladio, Miguel Ángel o Juan de Herrera. Su calidad e influencia en los arquitectos musulmanes de la época es comparable a los citados dentro del ámbito cristiano.

En 1538, Sinán fue nombrado arquitecto principal de la corte. Desempeño su oficio durante los reinados de Solimán el Magnífico (1520-1566), Selím II (1566-1574) y Murat III (1574-1595), durante el apogeo de la riqueza y el poder otomanos. Su mérito está acreditado por cientos de edificios, siendo algunos de ellos los mejores de su tipo en todo el mundo. Su nombre, aunque desgraciadamente poco conocido para las culturas occidentales, es sinónimo de arquitectura clásica otomana. Para datar la obra de Sinan hay que hacer referencia a tres manuscritos que son Tezkiretü'l Bünyan, Tezkiretü'l-Ebniye y Tuhfetü-Mi'marin (Kuran 1970, Necipoglu [2005] 2011).

Por lo que respecta a esta exposición, el estudio pormenorizado de la obra de Sinán se constreñirá, esencialmente, a sus tres logros más significativos (Sehzade Mehmet, Suleimaniye y Selimiye). Las piezas maestras de Sinán, así como los edificios innovadores, están concentradas en un cinturón topográfico que se extiende desde Edirne al Oeste hasta Izmit en el Este. Sinán era esencialmente un arquitecto de Estambul.

La primera mezquita cupulada de albañilería de Sinán data de la década de 1530-40; la Haseki Sultán Camii. Se puede afirmar que destaca no por su originalidad, sino por su fidelidad a la tradición. Es obvio que se estaban siguiendo caminos paralelos uno iniciado tras la conquista de Constantinopla, quizá con referentes más claros en el camino de la innovación; innovación marcada por la inspiración de Santa Sofía, y otro en el que se estaba apostando por la tradición. Sinán transitó por los dos. La primera etapa fue de aprendizaje, que es la evidenciada anteriormente, y la segunda y definitiva claramente de ruptura e innovación. Innovación pero con la omnipresencia de Santa Sofía y acaso de las mezquitas de Mehmet y Bayaceto.

Tras este paso por la época de pequeñas mezquitas cuadrangulares cubiertas con cúpula única Sinán

empezó a experimentar con el mundo de las bóvedas. Modelos de estas superestructuras no le faltaron; los tenía en los complejos de Mehmet Fatih y de Bayaceto II, y por supuesto en la omnipresente Santa Sofía

La siguiente realización de relevancia de Sinán es la mezquita de Mihrimah Sultán en Üsküdar. Esta incluye una sala rectangular de oración cubierta por una gran cúpula central, tres semicúpulas y dos pequeñas cúpulas. En esta mezquita, ya ha desaparecido la idea de cúpula única para cubrir la sala de oración y se esbozan juegos de semicúpulas en la estructura del edificio. El espacio central está cubierto por una modesta cúpula de unos 11 metros de diámetro. El concepto de solución estructural como combinación de cúpulas ya aparece y será constante en Sinán, marcando sus piezas claves. Es esta mezquita es, pues, donde aparecen por primera vez las semicúpulas en una obra de Sinán.

Las mezquitas de Üsküdar de Mihrimah Sultán y Sehzade Mehmet de Estambul se terminaron ambas en 1548. Sehzade Mehmet se comenzó en junio de 1545. En esta fecha la construcción de la Mihrimah Sultán llevaba ya un año. Pero después de que la Sehzade Mehmet se incluyera en el programa de Sinán tuvo que dar prioridad al proyecto de Solimán el Magnífico y el trabajo en la Mihrimah Sultán se ralentizó. Esta es la razón por la que las dos mezquitas que se iniciaron en momentos diferentes fueron finalizadas hacia la misma época y también el porqué sus diseños no poseen el mismo grado de creatividad conceptual.

En la Mihrimah Sultán, empieza una nueva etapa, una etapa de investigación, de progreso, de evolución. Pese a su modesto tamaño está cúpula ya anticipa lo que será el futuro. El esquema de funcionamiento mecánico ya distingue la parte de la cúpula que trabaja a compresión y a tracción.

Soportar una cúpula relativamente pequeña sobre cuatro muros de un espesor de 1,50 metros no parece un reto, solo se necesitan cuatro pechinas (para pasar de la planta cuadrada a la circular) ya que el grosor del muro puede responder sobradamente a los esfuerzos transmitidos por la cúpula en todo el perímetro de su base, aún así Sinán dispuso de cuatro pequeños lunetos en la esquinas del cubo. Pero el caso cambia cuando la cúpula descansa en soportes, no en sólidos muros; evidentemente algún elemento debe, a su vez, contrarrestar el esfuerzo transmitido por dichos soportes. En cualquier caso la construcción de la cúpula era la tradicional: lechos de ladrillo.

Sinán tuvo su punto de inflexión con el paso de las mezquitas de cúpula única (tradicionales) a la composición espacial de cúpulas. Este camino le hizo investigar en varias líneas pero concurrentes todas en la de espacio centralizado y subsistemas estructurales de cúpulas.

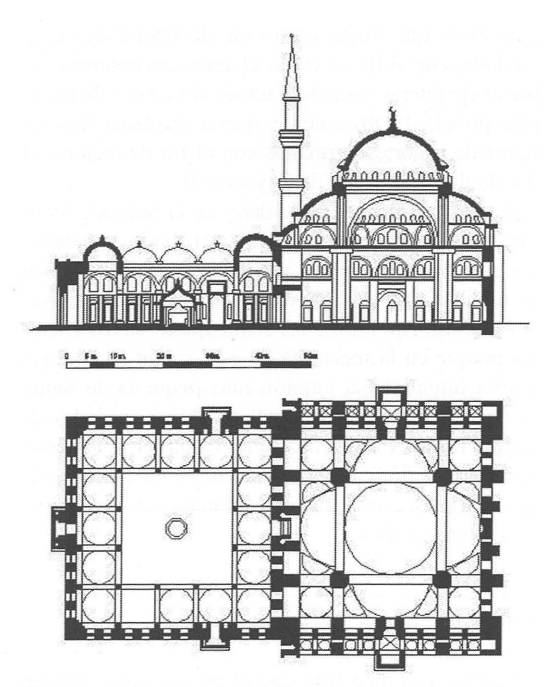
Las cúpulas otomanas tenían otra diferencia con respecto a sus homónimas renacentistas. No eran esféricas desde el arranque sino que se constituían en sectores esféricos con un ángulo determinado. Por ejemplo el sector esférico de la cúpula de la Mihrimah Sultán es de 142º. Esta apertura angular es significativamente importante a la hora de definir las zonas de compresión-tracción de las cúpulas, ya que estas son muy sensibles a la variación angular.

En una cúpula semiesférica de apertura de 180º el punto de cambio compresión-tracción se sitúa en torno a los 52º medidos desde el centro de radio de curvatura. En la época de Sinán la cúpula llegó a ser la cobertura típica de edificios de carácter colectivo. La bóveda esférica postulaba un espacio único que proyectado desde la tierra fija una posición de los elementos sustentantes. Requiere una simetría de soportes proyectada en un balance geométrico alrededor de su cenit. Los soportes están inscritos en una planta regular: cuadrado, hexágono u octógono. Las fuerzas horizontales producidas por terremotos o el asiento diferencial de un soporte pueden provocar un completo colapso. La transferencia de peso puede ser compensada por semicúpulas laterales. Este sistema de interdependencia impuesto por la cúpula como espacio ordenador de la cubierta podemos localizarlo en las escenas de crecimiento espacial de Sinán

Cuando se discute acerca de las numerosas mezquitas de Sinán no se puede hablar simplemente de modelos o tipos, pero quizás si de 'escenas espaciales'.

Sehzade Mehmet

El príncipe Sehzade fue el primogénito del sultán Süleyman y su esposa Hürrem. Sehzade Mehmet murió en 1543. Tras la muerte del príncipe, el sultán Süleyman le encargo a Sinán el mausoleo y la mezquita conmemorativa de este. Evidentemente este encargo prevaleció sobre el trabajo que estaba desarrollando y Sinán se volcó en la nueva tarea.



Figuras 3 y 4
Planta y sección de la Sehzade Mehmet (dibujo del autor)

La mezquita propiamente dicha consiste en dos masas cuadradas adyacentes, una cerrada y otra abierta, enmarcadas por dos alminares. La superestructura cupulada en forma de cuadrado cerrado está compuesta de una cúpula central reforzada por cuatro medias cúpulas así como por otras cuatro pequeñas cúpulas que llenan las esquinas entre ellas. A pesar de todo la Sehzade Mehmet, aunque innovadora por la unidad del espacio sigue las mismas técnicas constructivas en boga que se habían revelado como muy eficaces.

Ya se ha dicho que en esta mezquita Sinán recupera el ideal de planta centralizada en cruz griega estableciendo una alta cúpula central contrarrestada por igual con casquetes por los cuatro lados y a su vez contrarrestados dichos casquetes con otros más pequeños. Tendría entonces cuatro grandes arcos estribados que le permitirían calar completamente las paredes con amplios ventanales. Los empujes diagonales, a su vez se estabilizarían por cuatro pequeñas torres macizas que servirían de contrapeso. Este tema es importante ya que esta ayuda para verticalizar las cargas tiene cierta connotación medieval ya que se hizo con anterioridad en las catedrales góticas de la Europa Occidental.

Su espesor está en torno a los 60 centímetros. Lo que las hace enormemente ligeras y están constituidas por una sola hoja evitando la ortotropía de las cúpulas nervadas, que bastantes problemas había dado en Florencia y en Roma. Los 19 metros de su cúpula no la hacen espectacular por su dimensión sino por la armonía de su forma.

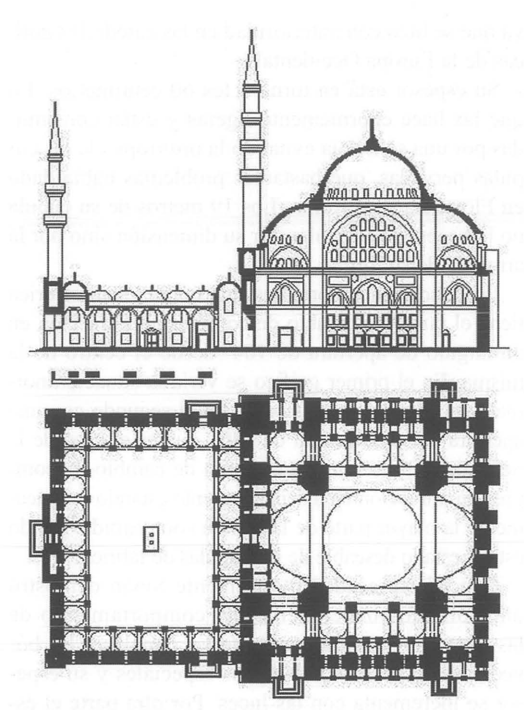
En condiciones normales una cúpula semiesférica tiene el punto de cambio de compresión a tracción en un ángulo de apertura de 104º desde el centro de la misma. En el primer gráfico se vería la situación normal y el cambio de tensiones. En el segundo con una apertura del arco central de 140º, que es el caso de la Sehzade, se observa que el punto de cambio de compresión a tracción baja sensiblemente estando prácticamente la mayor parte de la cúpula comprimida, siendo este el estado deseable de las cúpulas de fábrica.

Con lo expresado anteriormente Sinán demostró un profundo conocimiento del comportamiento de las cúpulas. Constructivamente las cúpulas y las bóvedas están hechas de ladrillos especiales y su espesor se incrementa con las luces. Por otra parte el espesor de la cúpula es mayor en las base. Cúpulas, arcos, semicúpulas, exedras, soportes, tirantes y demás elementos entran en armonía, no siendo palpable la subordinación entre elementos soportados y elementos soportantes, tal es la capacidad de Sinán en la producción de la Mezquita del Príncipe en Estambul.

Suleimaniye

La construcción de la Suleimaniye se produjo en el lapso ocurrido entre dos campañas militares otomanas contra los Safávidas. Aunque tenga cierta relación con el complejo de Mehmet II por su disposición planimétrica, la mezquita invita a una comparación directa con la de Bayaceto II y Santa Sofía por su coronación en cúpula central flanqueada por dos semicúpulas. La superestructura dominante de las cúpulas de la Suleimaniye se integra con la zona de los muros del cubo con una imperceptible balaustrada de piedra que ayuda a disolver la rigidez del encuentro cubo-cúpula con una integración armoniosa de formas curvilíneas.

La mezquita de Süleyman comprende una amplia sala multicupulada de 61 metros de longitud por 70



Figuras 5 y 6
Planta y sección de la Suleimaniye (dibujo del autor)

de anchura. La cúpula central de 26.20 metros de diámetro y 49.50 de altura en la corona se eleva por encima de cuatro pilares gigantes y está respaldada en el eje longitudinal por dos medias cúpulas, flanqueada cada una de ellas por un par de hexaedros. A ambos lados de esta zona central cinco unidades cupuladas completan el sistema espacial. La apertura angular de la cúpula es de 134º, prácticamente igual a la de la Sehzade (140º). En tanto que el diámetro de su cúpula si es superior, alrededor de 27 metros de diámetro por unos 19 de la mezquita del Príncipe.

Otro sistema de contrarresto que ayuda a verticalizar las cargas diagonales de la cúpula son las cuatro torres octogonales macizas coronadas por cúpulas sobre la prolongación de los soportes principales. Torres que ya utilizó Sinán en la Sehzade aunque, en aquel caso, cilíndricas.

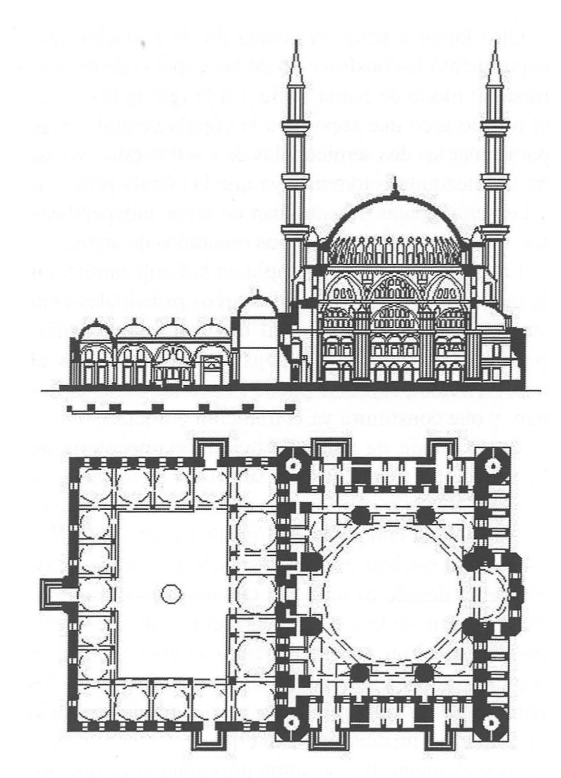
De forma diferente a como sucede en la Mihrimah Sultán de Üsküdar y en la Sehzade Mehmet, los espacios laterales de la Suleimaniye están cubiertos, no por semicúpulas sino por cinco cúpulas individuales. Está claro que Sinán eligió un ala lateral de cinco unidades con el fin de evitar el tener una columna sobre el eje lateral pasando a través del centro de la cúpula principal. Obviamente, quería mantener los ejes libres de soportes verticales con el fin de mejorar el diseño de la mezquita de Bayaceto II.

En la Mihrimah de Üsküdar y en la Sehzade Mehmet había resuelto el problema utilizando semicúpulas que, como la misma cúpula central, se extienden de un pilar a otro. Pero en el caso de la Suleimaniye, sin embargo, no utilizó las semicúpulas en los laterales porque en la mezquita de este sultán parece que quería intentar una versión más pequeña de Santa Sofía. Así que en los laterales, utilizó unidades de cúpula triple al estilo otomano. Comprensiblemente, Sinán no eligió un sistema que fuese en contra de la modularidad, esencialmente cuadrada, de la arquitectura otomana clásica.

Selimiye

Llegados a la mezquita que el propio Sinán definió como su obra maestra, los historiadores de arte siguen discutiendo los méritos de las tres grandes: la Sehzade, la Suleimaniye y esta del sultán Selím II: la Selimiye. Pero la verdadera evolución reside en la emancipación del arquitecto frente a la voluntad del sultán (Kuban 2011). La cúpula de la Selimiye cubre aproximadamente el 30% de la superficie del suelo. En la Sehzade y en la Suleimaniye este ratio es de un 17%.

La mezquita de Selimiye representa el culmen de los conocimientos arquitectónicos de Sinán. Se trata también de un monumento que estimuló la visión creativa del arquitecto otomano. Lo importante para Sinán no fue nunca el hecho de ser capaz de construir una cúpula mayor y más elevada que la de Santa Sofía. Su intento era el de conducir la arquitectura otomana hacia una conclusión lógica por medio de la inspiración aportada por Santa Sofía. La Selimiye debió ser un orgullo para Sinán, no tanto por el hecho de que su cúpula igualara las dimensiones de la iglesia bizantina, sino porque, por medio de ella había conseguido una expresión totalmente sorprendente y llena de significado de la integridad espacial y la cohesión estructural. Sin ningún género de duda constituyó el clímax de su carrera arquitectónica. Durante años ha aprobado el examen de constituir la quintaesencia del arte otomano.



Figuras 7 y 8
Planta y sección de la Selimiye (dibujo del autor)

La cúpula de la Selimiye de unos 31.32 metros de diámetro se sitúa sobre ocho pilares. A diferencia de los de la Sehzade Mehmet y de los de la Suleimaniye, se trata de pilares poligonales de 12 lados, que están enlazados por arcos. Dos de ellos, a ambos lados del mihrab, se unen a los muros y configuran la base de la semicúpula que antecede a dicho mihrab; los otros soportan las bóvedas de cañón perimetrales, y en las diagonales aparecen semicúpulas. Detrás de los ocho arcos principales existen muros con dos filas de ventanas en cuatro laterales y medias cúpulas que hacen de trompas con filas sencillas de ventanas en los ángulos. En la zona superior de la base circular se sitúa la cúpula ceñida por un grueso tambor y contrafuertes de arcos dobles que ejercen presión contra las torres que lo rodean.

A diferencia de la Sehzade Mehmet con una apertura angular de la cúpula de 140º y la Suleimaniye de 134º, Sinán en la Selimiye desarrolla una cúpula con una apertura angular de 130º, siendo el peralte de 0.312, prácticamente igual al de Santa Sofía que está entre 0.290 y 0.310.

Sinán resuelve con maestría y absoluta racionalidad el tema del comportamiento mecánico de una gran cúpula en una planta centralizada. En efecto ya se ha reiterado con profusión la adecuación de un sistema de contrarresto en función de los empujes de una cúpula. El estado ideal sería un sistema de acorde al tipo de solicitaciones al que está requerido.

Este tipo de cúpulas funciona mejor con un sistema acorde a sus empujes, esto es, un sistema de contrarresto con elementos diferentes en dos de sus ejes ortogonales siempre va a acarrear algún tipo de problema, soslayable o no. El sistema de la Sehzade es equilibrado, no así el de la Suleimaniye, que contrapone arcos torales en una dirección y semicúpulas en la otra. La Selimiye opone a los empujes de la cúpula un sistema más armónico y más racional. Soportes formando un octógono, ocho contrafuertes con sus correspondientes torres de verticalización de cargas y un sistema de atirantamiento en la base. Si excluimos la quintaesencia del sistema de contrarresto de cúpula semiesférica que es el Panteón, esta solución de la Selimiye se antoja verdaderamente acertada.

Conclusiones

A la vista de lo expuesto anteriormente se deducen una serie de principios constructivos de cúpulas. En efecto, al hablar de cúpula otomanas hay que mencionar las circunstancias de las que derivaron y los precedentes que tuvieron. Lo expuesto a lo largo del presente estudio lleva a hablar de bóvedas sasánidas y bizantinas básicamente. Obviamente la arquitectura otomana desarrolló convincentemente los principios que heredó. Nunca se puede olvidar la arquitectura bizantina si se ha de hablar de la arquitectura otomana.

Precisamente esta influencia oriental es lo que se plasmó en Santa Sofía. Los materiales y los métodos constructivos difieren de los de la Roma Republicana.

El uso del ladrillo, originario de Mesopotamia, así como la utilización de grandes cantidades de argamasa (mortero de cal y arena con ladrillo fragmentado) caracterizaba las construcciones bizantinas (Choisy [1883] 1997).

La utilización de la piedra para edificios de mayor envergadura también era frecuente. Durante el perio-

do de Justiniano se da un tipo de mampostería característico: la parte inferior de los muros, aproximadamente hasta el arranque de los arcos del primer piso, está construida con piedra; desde ese punto hasta arriba es de ladrillo.

Tras el camino recorrido por los arquitectos otomanos, a partir de la toma de Constantinopla, y la revolución de ideas y nuevas formas, así como la presencia de Santa Sofía como elemento de estudio, se inició un cambio sustancial en la construcción de mezquitas (Günay [1998] 2009).

La Fatih camii fue la primera mezquita otomana en plantear una cúpula sobre cuatro soportes antes de Sinán.

Las cúpulas otomanas tempranas eran cáscaras semiesféricas de ladrillo con un cinturón de fábrica en sus bases. Esta cúpula o pseudo cúpula creaba una visión muy sólida y austera que es típica hasta primera la mitad del siglo XV. En general, el cinturón o zuncho era poligonal al exterior y, raramente, cilíndrico. Las cúpulas habitualmente estaban caladas con cuatro huecos coincidiendo con los cuatro puntos cardinales o con ocho si el zuncho era octogonal.

Se está hablando ya de una tipología constructiva consolidada: cúpula de ladrillo zunchada por un cinturón de fábrica, con apertura de huecos e incorporación de contrafuertes en el zuncho.

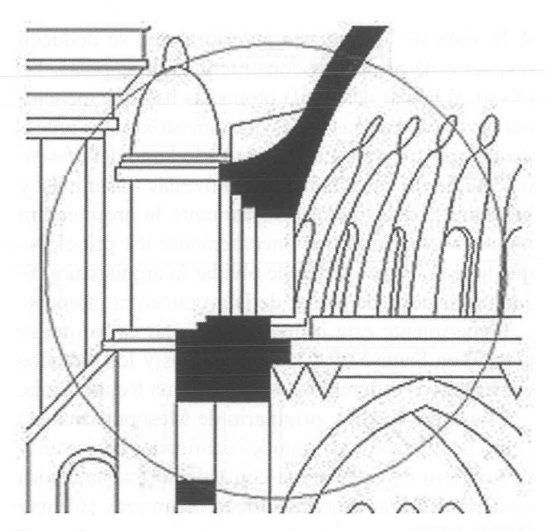


Figura 9
Arranque de la cúpula de la Selimiye en Edirne. Sinán (dibujo del autor)

Otro factor a tener en cuenta fue la variación que experimentó la construcción de las cúpulas de contrarresto al modo de Santa Sofía. En la iglesia bizantina el mismo arco que soportaba la cúpula central servía para apear las dos semicúpulas de contrarresto. No así en las mezquitas otomanas ya que la cúpula principal y las semicúpulas descansaban en arcos independientes, constituyendo dos cuerpos separados de arcos.

En un principio, por ejemplo en la Fatih camii y en la mezquita de Bayaceto II los arcos principales eran semicirculares de fábrica, al modo de Santa Sofía, pero a partir de aquí se constituyen apuntados al modo oriental, como se puede ver en las obras de Sinán, y que constituirá ya la tradición otomana.

La aparición de contrafuertes de mampostería de las mezquitas tiene, también su origen en los de Santa Sofía.

Antes de la conquista de Constantinopla estos elementos no estaban presentes en sus mezquitas, posiblemente debido al modesto tamaño de sus cúpulas. Pero a partir de la Uç Serefeli y el tamaño de su cúpula se hicieron necesarios estos elementos. En un principio no estaban ligados a la propia fábrica de los paramentos estructuralmente, pero a partir de Sinán ya formaban un conjunto con ellos.

Este elemento fue de suma importancia ya que posibilitó el crecimiento del tamaño de las cúpulas. Las cúpulas y bóvedas estaban hechas de ladrillos especiales que iban siendo más delgados a medida que se incrementaba la luz y se iban acercando al cierre de la cúpula.

Bandas de hierro rodeaban y reforzaban la cúpula al nivel de las ventanas situadas en la parte baja de la misma donde la tracción tiende, de forma natural, a abrir la cúpula. La superficie interior de la cúpula estaba recibida con arena y la cubierta exterior constituida a base de hojas de plomo.

Por su parte los elementos de transición como las pechinas estaban hechos de piedra, ladrillos o filas alternativas de ambos materiales. Las superficies de ladrillo estaban cubiertas con escayola o azulejos y los motivos decorativos eran de escayola o de piezas de piedra talladas. Sirva, como ejemplo que la mezquita de Süleyman estaba cimentada en base a este sistema, ya que no hay que olvidar que se tuvo que hacer una plataforma horizontal ya que el terreno estaba en pendiente.

La arquitectura otomana investigó Santa Sofía y tomo ideas sobre su gran estructura, incorporando

nuevas técnicas constructivas y materiales a sus propias mezquitas, de esta forma la herencia de Santa Sofía fue siendo asimilada. La arquitectura otomana revivió los principios estructurales de la iglesia cristiana, aunque incorporando nuevas y más avanzadas técnicas constructivas. La adopción de una cúpula sobre cuatro soportes fue el punto de partida. Los elementos de transición como las pechinas y semicúpulas fueron integrados en el sistema de cubrición. En cualquier caso si valoramos el sistema de Santa Sofía con el de las mezquitas otomanas también aparecen diferencias y asimetrías, como por ejemplo el empleo de los bizantinos de pequeñas piezas (ladrillos) para la creación de un gran conjunto y no así los otomanos que consolidaron otras fábricas (mampostería), pero, en esencia los sistemas eran similares.

Los otomanos contaron, además, con diez siglos de evolución y un genio como Sinán para explayarse en sus monumentos. Pero siempre a la sombra de Santa Sofía. No olvidar que fue en el año 1575 cuando, por fin, se logró superar, aunque escasamente, la cúpula de Santa Sofía. Este hito lo hizo posible Mimar Sinán con la mezquita del sultán Selim II; la Selimiye de Edirne.

Lista de referencias

Choisy, Auguste. [1883] 1997. *El Arte de construir en Bizancio.* Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Goodwin, G. [1971] [1987] 1992. *A History of Ottoman Architecture.* London: Thames and Hudson.

Günay, R. [1998] 2009. *Sinan. The Architect and his Works.* Istanbul: YEM Publication.

Heyman, J. [1995] 1997.*El Esqueleto de Piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica.* Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Kuban, D. 2011. *Sinan's Art and Selimiye.* Istanbul: Türkiye Bankasi.

Kuran, A. [1987] 1997. *Sinán. El Maestro de la Arquitectura Otomana.* Granada: Universidad de Granada.

Mas-Guindal, A. 2011. *Mecánica de las Estructuras Antiguas ó cuando las estructuras no se calculaban.* Madrid: Munilla-Lería.

Necipoglu, G. [2005] 2011. *Te Age of Sinan. Architectural Culture in the Ottoman Empire.* London: Reaktion Books.

Yerasimos, S. [2000] 2007. *Constantinopla. La Herencia Histórica de Estambul.* Estambul: Ullman & Könemann.

Vogt-Göknil, U. [1965] 1966. *Turquía Otomana.* Barcelona: Garriga.

La chiesa di Santa Maria Maggiore a Caramanico

Claudio Mazzanti

Di antiche origini medievali, il centro urbano di Caramanico[1] è situato alle pendici del massiccio della Majella, sul versante prospiciente il monte Morrone, in una zona compresa tra le valli del fiume Orta e del suo affluente Orfento. Nella sua struttura urbana, l'edilizia di culto ha sempre costituito un elemento di grande importanza; nei secoli passati, questa località annoverava numerose costruzioni religiose.

Attualmente, l'unica chiesa Parrocchiale è quella dedicata alla Madonna dell'Assunta, l'antica chiesa Matrice. Sulla base dei documenti presenti nell'Archivio Diocesano di Chieti, la pieve di Santa Maria viene già citata verso il 950, nel *Chronicon Casauriensis*; essa potrebbe essere stata fondata dai monaci benedettini di San Clemente a Casauria oppure, già in epoca precedente, da quelli del monastero di Montecassino. Nel 1059, in una lettera inviata dal papa Niccolò II al vescovo di Chieti per definire i confini della giurisdizione diocesana, si fa riferimento alla *pleben Sancte Marie de Caramanico*, appartenente alla Diocesi Teatina (Liberatoscioli 2000, 167).

Il dato più antico sulla costruzione risale al 1063, quando i rappresentanti della pieve di Santa Maria, mediante la vendita di un terreno appartenente al patrimonio della comunità religiosa, acquistarono le pietre per fabbricare un nuovo edificio in forma basilicale (De Angelis 2007). Il tempio si affaccia sulla stretta valle dell'Orta, in un punto dove il terreno è particolarmente scosceso; l'edificio, che per la sua collocazione urbana emerge rispetto a tutte le altre architetture religiose del territorio circostante, fu probabilmente eretto

Esaminando posizione e conformazione delle rovine del castello di Caramanico, così come le tracce della cinta fortificata del nucleo urbano originario, nonché l'alto muro sottostante la chiesa, è possibile ipotizzare che anche la struttura di quest'ultima formasse parte di una più antica roccaforte, di dimensioni più estese rispetto ai ruderi oggi visibili. Sotto l'aula ci sono dei vani ipogei, riportati alla luce nel 1959 a seguito di lavori per il rifacimento della pavimentazione; tali ambienti che, secondo le ipotesi considerate, appartenevano ad una remota fortezza sulla quale fu poi costruito l'edificio di culto, sono parzialmente scavati nella roccia e, in parte, costruiti con blocchi lapidei squadrati di notevoli dimensioni (figura 1). La copertura di questi locali, sulla quale poggia il pavimento dell'aula superiore, in certi punti ha uno spessore relativamente esiguo, come è possibile verificare in corrispondenza di alcune aperture nel pavimento della chiesa che, in passato, permettevano il trasferimento delle salme nelle grotte sottostanti, per l'inumazione.

L'edificio appare composto da tre volumi, quello più alto ed ampio corrisponde allo spazio centrale, mentre i due più bassi sono le navate laterali; il lato nord, corrispondente alla navata sinistra, è stata profondamente trasformato nel XIX secolo, su progetto dell'ingegnere architetto Giovanni Mazzella. La navata principale si presenta esternamente come un corpo unico, senza soluzione di continuità. L'unico



Figura 1
Ambienti ipogei sotto la chiesa (foto dell'autore 2013)

parte che emerge rispetto all'insieme è la torre campanaria che, con la sua copertura cuspidata, costituisce un elemento caratteristico del panorama urbano di Caramanico; è organizzata in quattro livelli e presenta una cornice ad archetti intrecciati, una finestra ogivale, un'altra finestra circolare di carattere romanico-gotico, insegne nobiliari e stemmi quattrocenteschi.

Si dispone di scarse notizie relative alla fabbrica, dall'epoca della fondazione fino all'inizio del XV secolo; è possibile, tuttavia, ipotizzare che la chiesa sia stata edificata, a più riprese, sopra le rovine di un altro tempio precedente (Mazzella 1853). Nel 1432 venne modificato e sopraelevato il campanile per volontà dei conti D'Aquino (Gavini 1927, 211). Alcuni anni dopo, nel 1456, in questa zona si verificò un forte terremoto che, presumibilmente, danneggiò anche la chiesa, rendendo necessari ulteriori lavori; appare significativo che nel 1476 fu realizzato il nuovo portale principale, esempio significativo dell'arte tardo gotica abruzzese: presenta una profonda strombatura, ghimberga e lunetta, con raffinati bassorilievi, attribuiti a Johannes Bicemen Teatonicus, scultore di Lubecca (Piccirilli 1915, 11). Il portale permette l'ingresso dalla piazza antistante, attraverso la navata laterale sinistra; la costruzione di questo nuovo elemento architettonico, vent'anni dopo il devastante fenomeno sismico, può coincidere con il completamento dei lavori di ristrutturazione dell'edificio.

Le vicende storiche successive, sociali economiche e politiche, diedero luogo a profonde trasformazioni del tempio, in particolare per quanto concerne l'interno, che venne completamente modificato verso la fine del XVI secolo con l'adozione delle forme rinascimentali. L'edificio, per accogliere il numero sempre crescente della popolazione, fu ampliato verso ovest, con il limite costituito dal declivio naturale; inoltre, per ottenere la simmetria degli spazi, tipica dell'architettura rinascimentale, fu aggiunta la navata laterale destra (relazione); nella campata intermedia di questa fu ricavata la cappella dedicata all'Assunta, di alto pregio artistico: qui è segnata la data del 1595, che si riferisce alla costruzione dell'altare minore e, indicativamente, alla trasformazione della chiesa.

Nel 1627, un'altra violenta scossa tellurica sconvolse nuovamente il territorio fra la Maiella e il Morrone; il fenomeno si replicò ancora nel 1703: in occasione di quest'episodio, molte costruzioni di Caramanico subirono ingenti danni e, fra queste, verosimilmente anche l'edificio di Santa Maria Maggiore. Tre anni dopo, un nuovo sisma colpì l'Abruzzo; la chiesa Matrice di Caramanico, però, forse non fu danneggiata, secondo le affermazioni dell'abate Del Genco (De Angelis 2007, 146). Tuttavia, nuovi lavori furono eseguiti nell'edificio, soprattutto all'interno; ad esempio, si ha notizia del rifacimento dell'altare maggiore (De Angelis 1994, 27), completato nel 1732. A seguito delle numerose trasformazioni susseguitesi nel tempo, come detto precedentemente, non si conserva più nulla del primitivo carattere romanico dell'edificio, soprattutto dello spazio interno.

La chiesa presenta uno sviluppo longitudinale, secondo il tradizionale orientamento ovest-est, con tre navate suddivise da quattro coppie di pilastri liberi che individuano cinque campate; il lato orientale termina con il presbiterio, rialzato rispetto al piano dell'aula tramite dodici gradini. Quest'ultima parte, coincide con l'abside rettangolare, sul fianco del quale c'è il campanile, la cui presenza condizionò le trasformazioni volumetriche della fine del XVI secolo. L'impianto nel suo insieme è quadrangolare, con misure leggermente diverse fra i vari lati: *41,15* e *40,15* (lati nord e sud); *19,00* e *20,25* (lati ovest e est). L'unico elemento che oltrepassa questo perimetro è un locale utilizzato come sacrestia, sul fianco

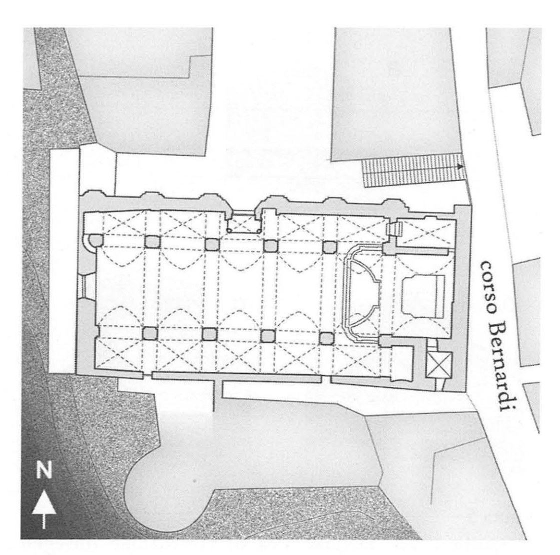


Figura 2
Pianta (disegno dell'autore 2013)

destro della chiesa (figura 2), la cui costruzione sembra contemporanea alle trasformazioni già citate di epoca rinascimentale; questo locale è più grande rispetto all'altra sacrestia, più antica, presente a sinistra del coro, sul lato opposto rispetto al campanile.

L'apparato architettonico interno della chiesa è stato quasi totalmente rinnovato nel XIX secolo: l'insieme mostra caratteri d'ispirazione tardo barocca semplificati, con ordine di paraste corinzie, decorazioni a stucco e dorature; si conservano gli altari laterali settecenteschi e, soprattutto, la già citata cappella dell'Assunta. Le coperture sono voltate: la navata principale ha una volta a botte lunettata, ritmata da arconi e riquadrature; quelle minori, invece, presentano crociere rettangolari, con il lato maggiore corrispondente alla campate della navata centrale. Le navate laterali, però, differiscono fra loro per larghezza ed altezza, ciò denota anche le differenti fasi di costruzione della fabbrica; è quasi certo che originariamente ci fosse soltanto la navata centrale, con dimensioni minori.

Attraverso l'analisi del paramento murario delle pareti esterne della chiesa di Santa Maria Maggiore oltre alle trasformazioni più recenti, è possibile distinguere anche le tracce di ampliamenti remoti, così come i segni di antiche bucature. Appare interessante, ad esempio, il fronte esterno rivolto a sud della navata centrale, nel quale è facilmente identificabile la sopraelevazione dell'edificio attuata nel XIX secolo, segnalata da una netta variazione del materiale: la parte inferiore del muro è costruita con pietre irregolari, mentre nella fascia superiore, al di sotto della linea di gronda del tetto, i conci appaiono squadrati e con piani di posa più regolari, lungo tutto il fronte della parete. Su questo lato si riconosce anche un ampliamento del corpo di fabbrica verso la vallata sul versante occidentale, per la presenza di un cantonale in grandi blocchi lapidei squadrati, inserito nella muratura in pietrame irregolare.

Il prospetto occidentale, che si affaccia direttamente sulla valle sottostante, venne eretto successivamente, in occasione del prolungamento delle navate. A seguito dell'ampliamento lo spazio esterno si ridusse notevolmente; su questo lato dell'edificio, infatti, c'è soltanto una stretta balconata, che poggia su importanti opere murarie di sostegno: ciò rappresenta un aspetto atipico nel contesto urbano di Caramanico, dove generalmente le costruzioni si adattano più naturalmente al declivio del terreno. Nella parte sotterranea, precedentemente citata, è chiaramente distinguibile la porzione aggiunta del fabbricato, caratterizzata da una evidente discontinuità strutturale fra le parti. All'interno della chiesa, invece, l'ampliamento è meno riconoscibile, in quanto i caratteri stilistici dell'insieme sono stati uniformati; tuttavia, osservando attentamente la zona corrispondente all'aggiunta, si riconoscono differenti allineamenti fra gli arconi delle navate laterali e la copertura: attraverso un sapiente effetto prospettico, il cornicione all'imposta della volta a botte della navata centrale simula la simmetria della costruzione rispetto al finestrone rettangolare del prospetto anteriore dell'edificio, in realtà non centrato rispetto all'aula (figura 3).

Questo fronte sul versante opposto all'altare, in generale nei templi cristiani è il più importante; tuttavia, nella chiesa di Santa Maria Maggiore ha un valore minore, in quanto l'ingresso principale si ha dalla fiancata laterale sinistra; la facciata occidentale è incompleta, con elementi medievali di reimpiego ed altri di tipo rinascimentale. Nella muratura si distingue la traccia di una grande apertura circolare murata, probabilmente il rosone originario, posto più in basso rispetto alla finestra rettangolare (figura 4).

L'analisi del paramento murario permette di riconoscere tre fasi di costruzione del prospetto (figura 5):

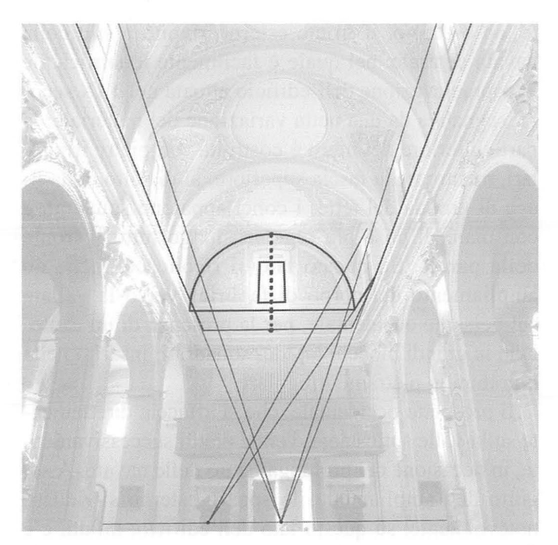


Figura 3
Interno. Vista verso la parte aggiunta (foto dell'autore 2013)

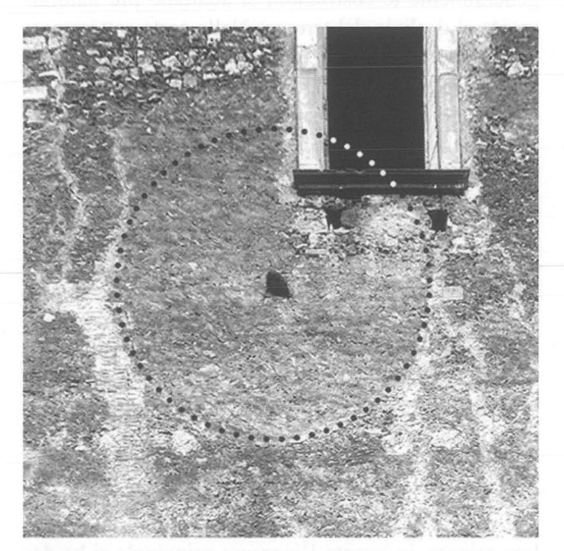


Figura 4
Prospetto ovest. Individuazione del rosone originario (foto dell'autore 2013)

(a) inizialmente era asimmetrico e corrispondeva alle navate centrale e laterale sinistra; (b) in un secondo momento, il fronte fu ampliato, reso pressoché simmetrico con l'aggiunta della parte destra, evidentemente

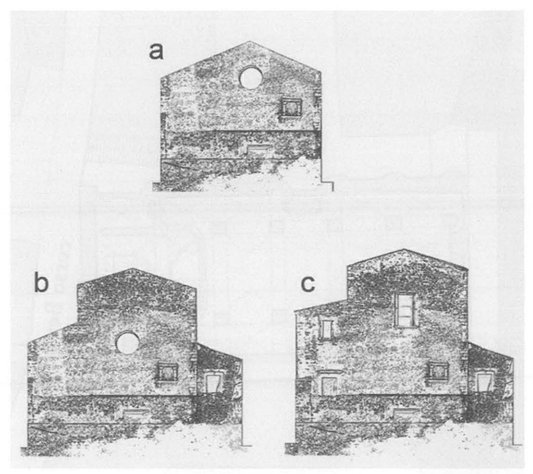


Figura 5
Prospetto ovest. Diverse fasi di costruzione (disegno dell'autore)

successiva, come confermato dai caratteri del cantonale intermedio, inoltre la navata centrale fu sopraelevata; (c) la terza fase corrisponde alle trasformazioni del XIX secolo, con l'ulteriore innalzamento della navata centrale, nonché quella della navata laterale sinistra. Il risultato finale è asimmetrico; nel 1853 l'ingegnere Mazzella, responsabile dei lavori urgenti alla stabilità dell'edificio, fu incaricato anche di completare questo prospetto; egli propose un progetto di gusto neo-rinascimentale caratterizzato da un ordine di lesene doriche, con spessore differenziato per correggere le irregolarità della parete esistente. Tali lavori, però, non furono eseguiti, pertanto il fronte è rimasto incompleto.

Sul lato opposto della chiesa, risalta la parete absidale piana, che si affaccia sul corso Bernardi: è un elemento di particolare pregio dell'edificio. Tale fronte, costruito in pietra squadrata, è una realizzazione tardo medievale, databile al XV secolo; presenta una cornice di coronamento orizzontale ad archetti pentalobati ed un cordolo con motivo a tortiglione. L'apparato decorativo si completa con pilastrini e capitelli, in forme tipiche del linguaggio artistico medioevale; confrontando questo prospetto con altre opere coeve abruzzesi, risulta inconsueta la successione di altorilievi di fattura quattrocentesca, la cui provenienza è varia ed incerta, applicati alla muratura.

Studiando il paramento murario del prospetto absidale, si denota un rivestimento in pietra da taglio,

con l'utilizzo di lastre lapidee accuratamente squadrate e di grandezza variabile, distribuite in filari prevalentemente orizzontali; i conci si ammorsano saldamente alla parete retrostante, in pietrame irregolare e di spessore notevole. Questa facciata fu parzialmente modificata nel XVIII secolo a seguito dell'apertura di un finestrone con timpano superiore in forme rinascimentali; sono chiaramente riconoscibili le tracce del rosone originario, nonché di un'altra finestra murata. I cambiamenti nella parete di fondo della chiesa si resero necessari a seguito della sopraelevazione del presbiterio (De Angelis 1994, 33): secondo i canoni estetici propri delle chiese medievali, le aperture nel muro del coro dovevano collocarsi in posizione elevata rispetto al pavimento; a seguito delle diverse modifiche apportate in Santa Maria Maggiore, invece, il preesistente rosone risultava essere troppo basso rispetto alla quota del presbiterio, ora rialzata, e quindi alla nuova collocazione dell'altare; tale condizione può essere verificata proiettando virtualmente la sagoma dell'originaria apertura circolare, nella sua collocazione esterna tutt'ora riconoscibile, rispetto alla conformazione attuale dello spazio architettonico interno del tempio (figura 6).

Si possono conoscere anche altre peculiarità della costruzione: la finestra murata, distinguibile al lato del rosone originario, mostra le tracce di una terminazione superiore ad arco, incompleta (figura 7); la sagoma di questa antica bucatura è leggermente traslata orizzontalmente, rispetto a quella dell'apertura circolare. La finestra di fondo dell'aula di una chiesa medievale, in genere, era collocata lungo l'asse principale dell'edificio, in posizione pressoché simmetrica rispetto agli ambienti interni; la mancata corrispondenza fra le tracce delle antiche aperture nella parete absidale di Santa Maria Maggiore può denotare, quindi, una variazione significativa apportata all'impianto planimetrico della chiesa.



Figura 6
Interno. Vista verso l'altare, ricostruzione della conformazione originaria con il rosone (disegno dell'autore)

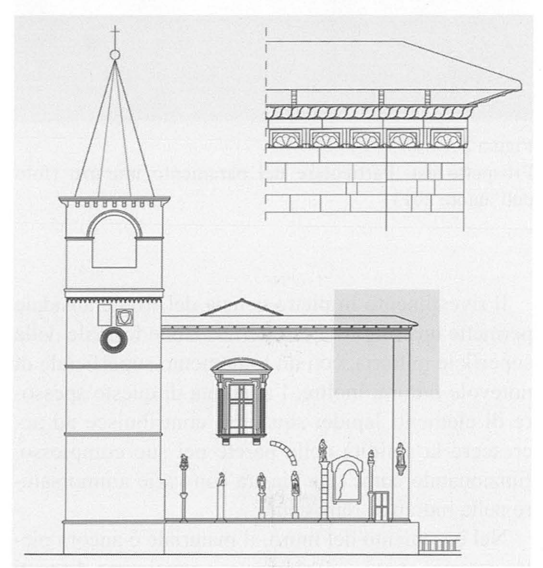


Figura 7
Prospetto est. Parete absidale e particolare (disegno dell'autore 2013)

Sempre osservando la conformazione della muratura, si ravvisa che, al di sotto del profilo che indica l'originaria posizione del rosone, non c'è corrispondenza fra i filari dei conci delle porzioni a sinistra e a destra della parete: l'effetto di questa imprecisione, però, è reso meno evidente proprio dalla collocazione delle due statue, allineate con gli stipiti della finestra rinascimentale; la parte di muratura a destra di quest'ultima è realizzata con pietra calcarea grossolanamente squadrata e disposta secondo corsi irregolari, con una posa degli elementi non perfettamente orizzontale (figura 8).



Figura 8
Prospetto est. Particolare del paramento murario (foto dell'autore 2013)

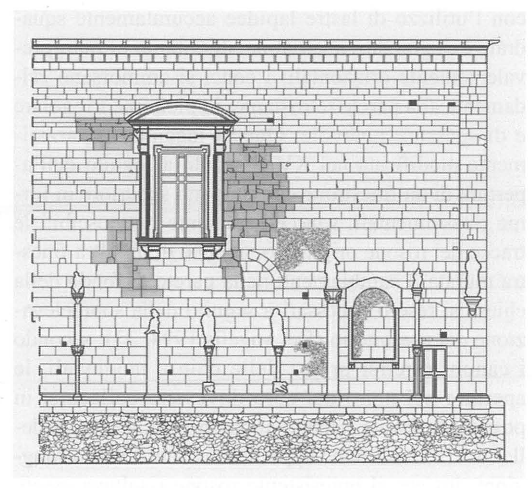


Figura 9
Prospetto est (disegno dell'autore 2013)

Il rivestimento in pietra concia del fronte absidale permette una migliore caratterizzazione formale della superficie muraria, con un trattamento superficiale di notevole fattura; inoltre, l'aggiunta di questo spessore di elementi lapidei squadrati contribuisce ad accrescere la solidità della parete nel suo complesso, funzionando come una piastra con varie ammorsature nella muratura retrostante.

Nel basamento del muro, il materiale è ancora pietra calcarea, però solo sbozzata; i conci sono disposti senza un ordine preciso, secondo filari irregolari. Tale disposizione del materiale, se confrontata con la regolarità del paramento murario superiore, indica che, quando il prospetto fu rivestito, il livello della strada adiacente si trovava ad una quota più alta rispetto allo stato attuale. Il resto della facciata, soprattutto l'angolo destro, è realizzato sempre in pietra calcarea, ma con una lavorazione più accurata e una disposizione secondo piani di posa orizzontali. Nella parte superiore del fronte, l'altezza dei filari tende a diminuire, con differenze minime anche nel tipo di materiale e di lavorazione: questo potrebbe indicare un innalzamento di tale facciata, realizzato in epoca remota, ma può anche testimoniare una fase di stasi nel cantiere, con un completamento in un periodo successivo, attraverso l'utilizzo di pezzi lapidei con caratteristiche differenti (figura 9); inoltre, l'aumento dell'altezza dal suolo accresceva anche le difficoltà di posa in opera degli elementi, per cui era preferibile l'utilizzo di blocchi di minori dimensioni, più bassi e quindi meno pesanti.

Alcune porzioni di questa parete conservano presenza di intonaco, utilizzato come base per la realizzazione di affreschi: questo tipo di decorazione adoperato in esterno si deteriora molto rapidamente, soprattutto in un contesto geografico come quello di Caramanico, a causa delle caratteristiche climatiche tipiche della zona di montagna. Allo scopo di proteggere l'affresco fu realizzata una piccola edicola sul lato destro della facciata, tuttavia anche qui la superficie dipinta risulta quasi totalmente perduta; è, però, ancora leggibile un frammento d'affresco che lascia scorgere una rappresentazione con teste di angeli ed una corona: si tratta probabilmente dell'Incoronazione della Vergine; questo tabernacolo è un elemento sovrapposto al rivestimento lapideo preesistente.

Sul lato destro del fronte si apre una porta rettangolare, tramite la quale si accede ad un locale sopraelevato rispetto alla strada. Da qui, salendo una rampa di scale si arriva ad un ulteriore ambiente, ricavato fra la volta della navata laterale sinistra ed il tetto: quest'ultimo è un'aggiunta apportata nel XIX secolo, in occasione della soprelevazione della facciata settentrionale della chiesa; poiché privo di intonaco o rivestimento superficiale, qui è possibile l'analisi di-

retta dei diversi tipi di muratura, con importanti informazioni sulle varie fasi di edificazione (figura 10).



Figura 10
Ambiente sopra la volta laterale sinistra (foto dell'autore 2013)

Il dislivello fra il corso Bernardi e la piazzetta sottostante, dalla quale si accede alla chiesa, è risolto tramite una gradonata, leggermente distaccata dall'edificio di culto. Il lato settentrionale, dove è presente il già citato portale tardo gotico, fu profondamente trasformato nel XIX secolo; a differenza di quanto stabilito dal progetto, che prevedeva il rifacimento totale della facciata, si decise invece di conservare anche una porzione dell'antico fronte, corrispondente all'esterno della sacrestia posta a sinistra del coro (figura 11); tale parte del fabbricato è significativa per la comprensione del processo costruttivo del tempio.

Questa sala, con pianta rettangolare di piccole dimensioni, è coperta con una volta a crociera, di carattere gotico; sulla superficie esterna, così come su quella interna corrispondente, si osserva il profilo di un grande arco, ribassato e di buona fattura, murato in epoca remota (figura 12): ciò denota che anticamente questa porzione del fabbricato poteva essere uno spazio porticato, che si affacciava sulla piazza prospiciente con una sequenza di aperture che presumibilmente proseguivano su tutto il fianco della chiesa. Il loggiato fu poi trasformato nella navata laterale sinistra e la parete originaria del fianco settentrionale tramutata nell'arcata di separazione fra la navata centrale e quella laterale[2].

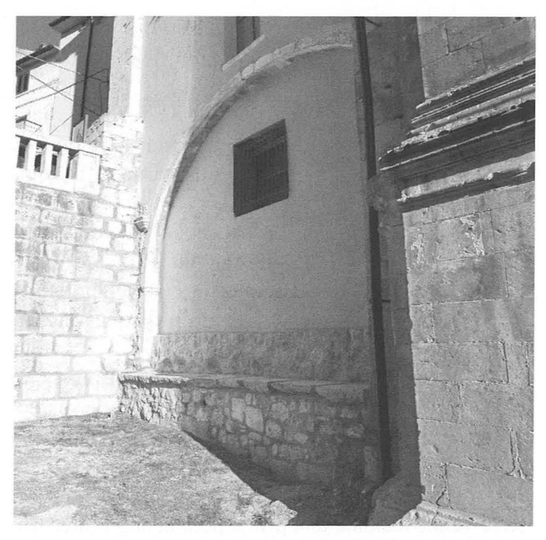


Figura 11
Sacrestia a sinistra del coro, esterno (foto dell'autore 2013)



Figura 12
Sacrestia a sinistra del coro, esterno, particolare (foto dell'autore 2013)

Oltre ai diversi eventi sismici e ai dissesti del terreno, anche tutte le trasformazioni della costruzione hanno contribuito ad originare i vari fenomeni di cedimento strutturale che, nel corso dei secoli, hanno caratterizzato la chiesa di Santa Maria Maggiore. L'edificio verso il 1850 si presentava quasi in rovina; fu necessario eseguire importanti lavori di restauro e consolidamento; in particolare, come già ricordato, si intervenne sulla facciata del lato settentrionale, ricostruita in stile classicheggiante, stravolgendo il carattere originario di quest'architettura[3].

Le vicende legate alla ricostruzione del prospetto settentrionale della chiesa si prolungarono per parecchi anni: in seguito ad un evento franoso che aveva interessato il versante nord-occidentale del sito dell'edificio, su incarico dell'abate Fedele Totoro nel 1851 venne affidata una prima perizia degli interventi necessari a Tolomeo Colucci, perito agrimensore. Egli interpretò i dissesti della chiesa come conseguenza di antichi errori nella costruzione, ad esempio, le diverse aggiunte e integrazioni fatte nel corso dei secoli senza adeguato collegamento delle nuove strutture con la parte esistente; oppure, lo spessore troppo esiguo delle murature, che non reggevano più la spinta della volta, data la vastità dell'edificio; fra gli altri interventi indicati, si ricorda il consolidamento delle fondazioni di questo fronte. Venne prevista anche la demolizione di una sagrestia addossata al lato nord, per rettificare il prospetto sulla piazza (Colucci 1851).

Due anni dopo, nel 1853, costatando le gravi condizioni statiche della fabbrica, come anticipato precedentemente, si diede incarico all'ingegner Mazzella di redigere un nuovo progetto, che sostanzialmente riprendeva ed integrava il precedente del Colucci: era giustificato dall'urgenza della ristrutturazione della Chiesa; i lavori, tuttavia, non furono subito avviati. Nella relazione sullo stato dell'edificio, redatta alcuni anni dopo, veniva segnalato che le lesioni, già rilevate sulla sommità della volta, si erano ulteriormente ampliate in tutte le direzioni a causa dell'incuria, arrivando ad interessare anche le lunette. Per tale motivo risultava essere considerevolmente aumentata la spinta della copertura sulle strutture di sostegno, in particolare si constatava l'instabilità dei pilastri della navata principale. Conseguentemente, il secondo progetto del Mazzella, oltre alla demolizione e ricostruzione dei tetti e delle volte, con l'innalzamento della navata principale, prevedeva l'ampliamento e il rinforzo dei muri esposti a nord, con la totale ricomposizione della facciata secondo forme classiciste (figura 13). Anche lo spazio interno doveva essere riformato, adottando decorazioni sobrie e semplici, con la realizzazione di cornici in stucco.

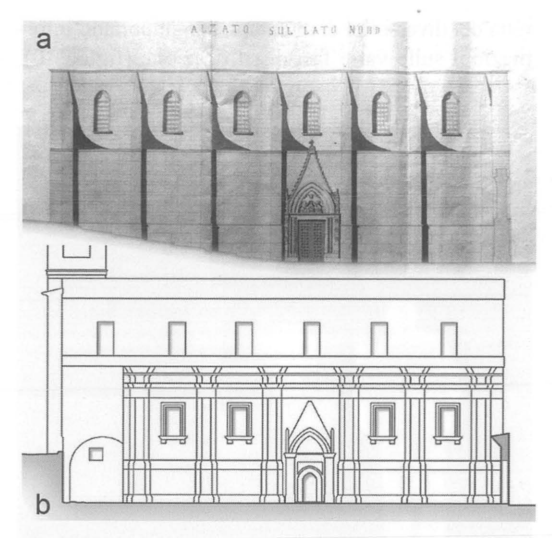


Figura 13
Prospetto nord. (a) Progetto dell'ing. G. Mazzella (Archivio Parrocchiale Caramanico); (b) realizzazione (disegno dell'autore 2013)

I lavori iniziarono nel 1862, con il consolidamento della frana sul versante occidentale, per cui si procedette ad ampliare ed irrobustire le fondazioni. Due anni dopo il Mazzella, con una relazione relativa allo svolgimento dei lavori, rendicontava le spese e le opere eseguite. Da un'altra sua perizia redatta del 1870, si ha notizia che a quella data erano stati eseguiti gran parte delle operazioni di rinforzo indicate e che mancava ancora il completamento delle maggiori opere murarie, nonché il rifacimento del tetto.

La parete esterna della navata laterale sinistra fu innalzata di 10 palmi, per motivi prevalentemente estetici: si voleva rendere più armonico il disegno d'insieme coerentemente con i gusti architettonici del XIX secolo, poiché fino ad allora il portale aveva il vertice corrispondente alla sommità della facciata, secondo criteri formali tipici del medioevo. Il

portale, che diventava l'elemento più importante del nuovo progetto, fu smontato e ricollocato in opera in una posizione ritenuta più idonea, in modo da ottenere l'ingresso alla chiesa, dalla navata sinistra, in asse con la cappella dell'Assunta, nella navata laterale opposta. Il nuovo fronte dell'edificio fu rivestito con lastre di pietra squadrata: risulta suddiviso in cinque parti da paraste di ordine corinzio, ribattute sul muro retrostante, con alto basamento e ampio cornicione di coronamento lungo tutta la facciata (figura 14); questi elementi contribuiscono anche a rinforzare la parete.



Figura 14
Prospetto nord. Particolare (foto dell'autore 2012)

All'interno dei pannelli murari compresi fra le paraste, si aprono grandi finestre rettangolari d'ispirazione classica, con cornice e mensole; non c'è corrispondenza fra le bucature nel fronte esterno e quelle originarie che si aprono verso l'interno del tempio, nella navata sinistra. La copertura venne ricostruita, modificando la conformazione originaria: è una volta a botte a tutto sesto nella zona del presbiterio, con lunette nel resto dell'aula così da permettere l'apertura dei grandi finestroni laterali[4]; oltre ai cambiamenti formali, furono attuati anche importanti provvedimenti per la stabilità del grande sistema voltato, come la costruzione di contrafforti esterni al di sopra delle navi minori (figura 15).

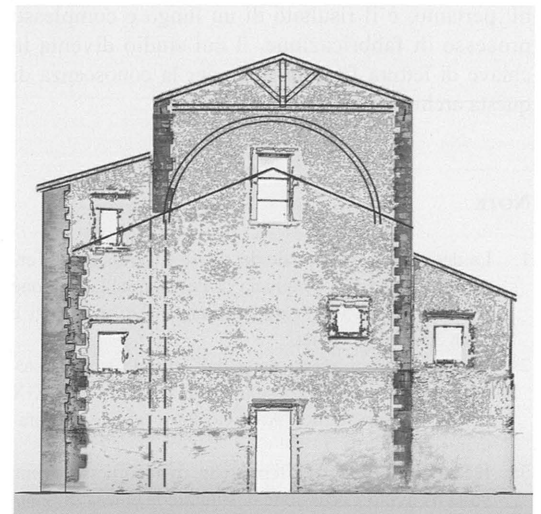


Figura 15
Sovrapposizione prospetto ovest e sezione trasversale schematica (disegno dell'autore 2013)

Nel dicembre del 1879 gli interventi strutturali in Santa Maria Maggiore a Caramanico erano terminati; le rifiniture dell'interno della chiesa, con la realizzazione dell'intonaco e degli stucchi, furono completate nel 1882. Intanto, a partire dal 1880, ebbe inizio anche il restauro del campanile. All'inizio del XX secolo vennero apportate nuove modifiche all'edificio, soprattutto nel 1905 con la ricostruzione della scalinata di dodici gradini per salire dall'aula al presbiterio. Non si dispone di informazioni circa eventuali danni subiti dal tempio in occasione del terremoto del 1915. In anni più recenti, sono stati realizzati altri interventi di consolidamento e restauro.

Ultimamente, sempre sul lato nord, nel fronte realizzato alla fine del XIX secolo, si sono manifestate nuove disconnessioni murarie, nella parte sinistra prossima alla parete della sacrestia, dove il prospetto non venne completato secondo i progetti originali. La chiesa di Santa Maria Maggiore di Caramanico appare significativa per l'antichità della sua fondazione, il valore simbolico e le qualità artistiche che la caratterizzano, ma anche in quanto oggetto di molteplici modifiche, aggiunte, integrazioni o ricostruzio-

ni; pertanto, è il risultato di un lungo e complesso processo di fabbricazione, il cui studio diventa la chiave di lettura fondamentale per la conoscenza di questa architettura.

NOTE

1. La denominazione attuale del paese è Caramanico Terme (613 m s.l.m.), Provincia di Pescara, nella Regione Abruzzo; dista 50 km da Pescara, 36 km da Chieti e circa 200 km da Roma.
2. Informazioni su questa parte dell'edificio sono contenute nelle diverse relazioni allegate ai progetti del XIX secolo, conservate nell'Archivio Parrocchiale di Caramanico.
3. Il Piccirilli (1915, 9) afferma che, quando per la prima volta ha avuto l'occasione di studiare la chiesa di Santa Maria, la facciata non era ancora stata *guastata dai rinnovatori*.
4. I lavori per il rifacimento della volta vennero affidati a Giuseppantonio Perna, costruttore di Torre de' Passeri.

LISTA DI REFERENZE

Colucci, Tolomeo. 1851. *Progetto d'arte dei lavori urgenti da eseguirsi nella Chiesa di Santa Maria Maggiore*, manoscritto, c. III, f. 242. Archivio Parrocchiale di Caramanico.

De Angelis, Antonio. 1994. *Caramanico nel secolo XVII.* Roma: Aurelia Settantadue.

De Angelis, Antonio. 1994. *Storia di Caramanico.* Pescara: Sigraf.

Gavini, Ignazio. 1927. *Storia dell'Architettura in Abruzzo*, v. II. Milano: Bestelli e Tumminelli.

Liberatoscioli, Giuseppe. 2000. *L'Arcidiocesi di Chieti-Vasto. Quadro storico, amministrativo, pastorale.* Villa Magna: Tinari.

Mazzella, Giovanni. 1853. *Progetto dei lavori necessari all'esecuzione degli urgenti restauri occorrenti nella Chiesa Parrocchiale di Caramanico, dedicata all'Assunzione della SS. Maria Vergine*, manoscritto, c. III, f. 182. Archivio Parrocchiale di Caramanico.

Piccirilli, Pietro. 1915. *Monumenti abruzzesi e l'arte teutonica in Abruzzo*. Roma: Unione Cooperativa Editrice.

Una nueva visión del castillo de Alcañiz antes de la reforma de 1728

Rafael Merino de Cos

Cuando llegamos a Alcañiz divisamos en lo alto del Cerro de Pui Pinos, dominando la población, las murallas del Castillo de la Encomienda General de Calatrava actual Parador Nacional. El castillo de Alcañiz, de estilo Felipe Augusto, es uno de los más complejos y estudiados de España por que aúna a su carácter militar el conventual, posee una planta trapezoidal que actualmente se halla diferenciada en dos zonas: la norte donde se encuentran las construcciones medievales y en la sur el palacio barroco proyectado por Miguel Aguas construido sobre los muros medievales.

La construcción del palacio barroco altero toda la zona sur y una parte de las zonas contiguas al este y oeste por lo que hasta ahora no se ha podido saber con exactitud como era el castillo antes de esta remodelación. Las excavaciones arqueológicas realizadas en 1986 en la zona de poniente, arruinada antes del inicio del siglo XVIII, han permitido conocer parcialmente la planta del ala noroeste del castillo, los memorándum referentes a las visitas al castillo que usaremos como guía y los documentos recientemente localizados nos permite atrevernos a desarrollar, en esta comunicación, como era el castillo antes de la intervención.

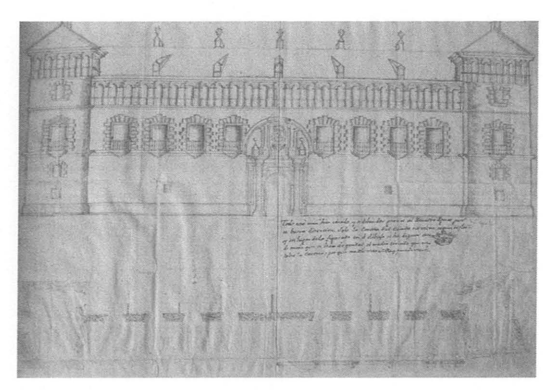


Figura 1
Portada del palacio proyectada por Miguel Aguas como indica la nota (Aguas s.a, 1)

La cimentación del castillo

El Castillo de Alcañiz está apoyado, no presenta ningún tipo de cimentación como se observa en figura 2 (Chueca 1956, 3; Benavente 1995, 19). Este castillo se puede considerar que está construido sobre el nivel 13 de la terraza correspondiente al rio Guadalope, situada a unos 45 m sobre este rio.

> «Está constituida por bloques, cantos rodados y gravas fundamentalmente calcáreas y en menor medida de areniscas empastados en una matriz limo arcillosa y arenosa oscilando las modas de los clastros entre unos pocos centímetros hasta 20 centímetros y los bloques desde 0,5 a algo más de 2 m con una intensa, aunque local, cementación en sus cantos con una potencia entre 12 y 15 m» (Portero. 2005, 31).

Esta terraza del cerro de Pui Pinos es poco conocida y no aparece en los planos geológicos debido a



Figura 2
Pared contigua con atrio de la iglesia se observa la falta de cimentación (Benavente 1995, 53)

que el recinto exterior y el castillo la ocupan prácticamente en su totalidad actuando la muralla del recinto exterior como muro de contención de los materiales de relleno aportados para la formación de las plazas exteriores que rodean el castillo y dificultan su observación. Como el aljibe medieval se ejecuto excavando alrededor de 4,5 metros en esta terraza se observa la presencia de estos materiales en la zona de empotramiento de los arcos que lo cubren, ya que la costra de mortero que los protege esta desprendida.

Perímetro exterior del castillo

El camino de acceso al castillo es el mismo que se utiliza actualmente, la entrada al recinto exterior se realizaba a través de una puerta que disponía de rastrillo señalada con [A] en la figura 3 desaparecida hacia 1846, siguiendo el camino y después de rebasar la única curva se encontraban con un muro en diagonal, del que no se tenía noticias ya que no aparece en la planimetría de siglo XIX, con una puerta en el centro y al fondo antes de coronar el cerro la puerta principal [B], que todavía se conserva que se debió remodelar a finales siglo XVI «hecha de piedra labrada y nueva con sus dos puertas nuevas y un postigo sesgado de hierro nuevo» (Consejo de Calatrava 1615,s.p).

En el memorándum nos dicen «en dicha cerca y muralla a la parte de levante enfrente de la puerta principal de dicho castillo [c] que discurre desde un torreón que hay a mano derecha [R] hasta llegar a la puerta pequeña [N] que está entre dos torres de dicha cerca, en cuyo lienzo hay 46 almenas y tiene 8 palmos de ancho y son cantería labrada y están cubiertos de lodo y caborra» (Consejo de Calatrava 1615, s.p). La denominada puerta pequeña también se la denominaba chica o a la ciudad era de uso peatonal de la que solo se conserva un metro sobre el cimiento de las torres. Durante el siglo XIX se remodelaron las torres semi cilíndricas del recinto exterior en baluartes.

Torre del Espolón

Siguiendo el lienzo de la muralla hacia el noroeste nos encontrábamos con la torre del Espolón, está representada en figura 3 con planta pentagonal, en avanzada, protegiendo ambos flancos, era la torre más fuerte del recinto a la que se accedía por una puerta muy pequeña situada al sureste y tenia en su parte superior un escudo con dos hoces pequeñas por armas. La Torre tenía dos cuerpos, al primero se accedía por una escalera junto a la puerta y tenia una cámara con una chimenea muy grande bastante dañada al estar deteriorada la bóveda de cañón que la cubría, el piso segundo estaba cubierto por una bóveda de cantería aun más dañada que la anterior ya que el enlosado de la cubierta estaba deteriorado así como las almenas que remataban la torre. Aparte de estos daños la propia base de la torre de piedra caliza se hallaba desmoronada y en el muro que confronta con

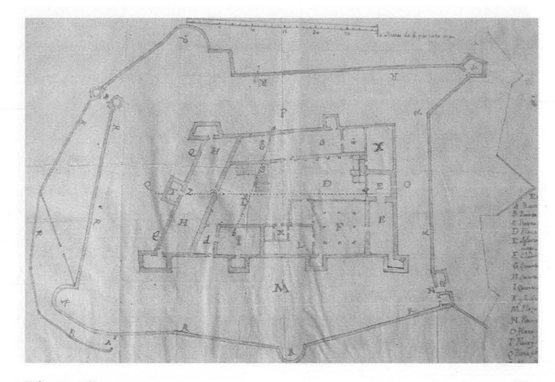


Figura 3
Plano de la planta general del castillo y muralla exterior hacia 1720 (Aguas s.a, 2)

la torre en la parte del noroeste todas las almenas o muchas de ellas estaban deterioradas y encima de las paredes había que colocar algunas losas que faltaban, todo lo demás de la cerca estaba bien (Serrano 1995, 285; Consejo de Calatrava 1615, s.p). Antes de 1846 se sustituyo esta torre por un baluarte que es el que hoy se conserva. Debido a la falta de un drenaje adecuado hace unos años colapso el muro exterior de levante que posteriormente fue restaurado.

Fachada del mediodía del castillo

Pasamos a describir en primer lugar la fachada del mediodía, es la zona donde aportamos los datos más novedosos e importantes recogidos en esta ponencia, el principal es la torre que aparece en el centro de la fachada con una escalera de caracol numerado con 8 en figura 6. Siempre se ha creído que ahí estaba la puerta principal del castillo y que en la reforma del siglo XVIII se había reconstruido como una puerta monumental, pero la puerta principal, la denominada puerta de hierro señalada con [c] o [15] en figura 3 y 6 respectivamente, realmente estaba situada al sureste entre dos torres y la describían como: «hecha de tres piezas de piedra y encima de ella estaban las armas del rey nuestro señor y debajo de ella tres armas con la Cruz de Calatrava y esta puerta era muy fuerte y estaba cubierta toda ella de piezas de hierro muy recias» (Consejo de Calatrava 1615, s.p). Como consecuencia de la nueva disposición de la puerta muchas de las reflexiones sobre la situación y usos de los distintos espacios del castillo, no sean correctos.

La planta baja numerada con [7] en la figura 6 conserva una cubierta con una bóveda de cañón apuntado que se utiliza actualmente como cafetería a la derecha según se entra y recepción a la izquierda, ya que la planta fue dividida por el acceso principal en la reforma de 1728. La figura 5 nos permite confirmar documentalmente esto «T paraje donde se ha de abrir la puerta principal» (Aguas s.a, 5).

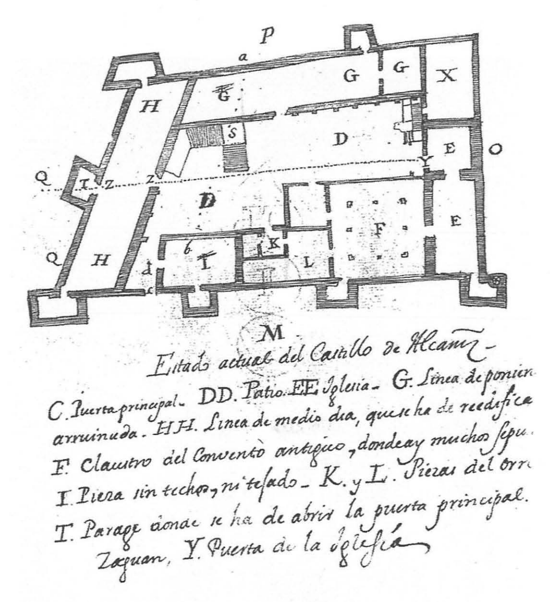


Figura 5
Croquis donde se indica que se va a demoler la torre par hacer la nueva puerta principal (Aguas s.a, 5)

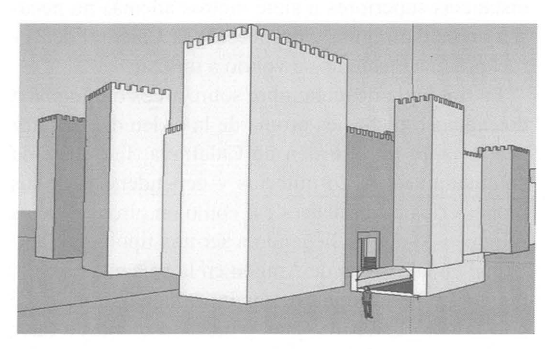


Figura 4
Reconstrucción de las fachadas sur y este, bajo la rasante el aljibe (Croquis del autor)

Los muros exteriores de esta planta son los actuales de sillería caliza. Es posible que esta sala diáfana antes de la reforma hubiera sido el cenobio de la fortaleza conventual no como se ha creído, quizás por el uso que tuvo cuando se utilizaba como cuartel, de caballerizas y de cuerpo de guardia. Sobre este piso se encontraba un cuarto que en la leyenda de las figuras 3 y 6 denominan indistintamente piso alto, cuarto de los arcos o cuartos del comendador y nos indica que la línea de mediodía ha de reedificarse, los muros exteriores ahora de ladrillo serian muros de tapial de argamasa compacta con cantos de caliza y mampuestos de arenisca.

En el plano de la figura 6 estaban señalados con puntos once arcos diafragma que se han remarcado

con líneas, estos arcos sostendrían un techo o forjado que podrían haber sido similares a los que existen en la torre del homenaje que aún conserva las vigas originales, que son aquellas que presentan cruces de Calatrava negras entre las vigas ver figura 7, de ser así los arcos tendrían un desarrollo similar a los de las bóveda de cañón apuntado del piso inferior. Este tipo de sala y forjado sería similar a la del castillo aragonés de Albolote del Arzobispo.

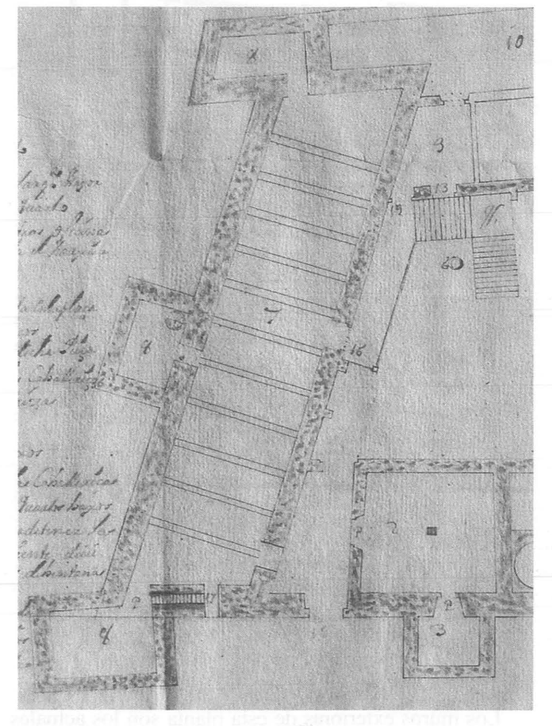


Figura 6
Fachada del mediodía y esquinas este y oeste. (Aguas s.a, 3)

Otra posibilidad sería que los arcos formaran parte de la techumbre, es decir una cubierta de correas, donde estas se apoyan directamente sobre los arcos, a través del durmiente formando dos faldones a la molinera como en el del Castillo Aragonés de Valderrobres, hipótesis menos probable ya que en los textos de la visita al castillo se deja entender que había un forjado antes del tejado.



Figura 7
Forjado de la Torre del homenaje del Castillo de Alcañiz antes restauración (Chueca 1956, fotos)

Una tercera solución sería una cubierta a par y puente como la que aparece en las viñetas de la catedral de Teruel donde un grupo de carpinteros la están construyendo pero esta solución no puede superar distancias superiores a siete metros además no necesita arcos diafragma y después de la Catedral de Teruel prácticamente no se volvió a utilizar.

La tipología de techumbre sobre arcos diafragma a dos aguas o planas es propia de la orden del Cister y por lo tanto de la orden de Calatrava, fue utilizada con asiduidad en dormitorios y dependencias de los monasterios cistercienses así como en otros edificios religiosos o civiles llegando a ser una tipología tradicional en la Corona de Aragón en la baja edad media, que se podía enriquecer por la influencia mozárabe con la colocación de unos paneles a modo de falso almizate, como la ermita de que perteneció a la orden de de Calatrava de la Virgen de la Fuente Peñarroya de Tastavins (Rubio 1995, 537-538).

Además, aunque no se conservan las techumbres, en la cara de poniente de la torre del homenaje se encuentran las marcas que ha dejado el tejado y el forjado de un edificio contiguo, hoy arruinado y que he utilizado como modelo para la reconstrucción de las techumbres del resto del castillo.

Por los memorándum de las visitas sabemos que: «los aposentos de los pisos superiores en su mayor parte estaban destrozados, estaba hundido el tejado y el primer suelo pues cae el agua y al recogerse daña mucho los cuartos» (Serrano 1995, 283). De lo anterior podemos deducir que había un forjado encima de la primera planta y a continuación el tejado.

Para subir a la sala de los Arcos desde el patio se utilizaba la denominada escalera principal que era: «de piedra labrada con su pasa mano de piedra junto a ella había un horno». (Consejo de Calatrava 1615, s.p). Después de subir la escalera se continuaba por un pasillo en voladizo en cuyo final se encontraba a mano derecha la puerta marcada con [16] de figura 6 y se entraba en el Cuarto de los Arcos

Este pasillo en voladizo estaría construido por una viga de madera longitudinalmente apoyada en pilares de madera o piedra como se observa en figura 6 y 10 y sobre esta y empotrados en el muro vigas transversales sobre las que se construía un entarimado o enlosado, del pasillo decían: había que repararlo atando con cuerdas una viga ya que la actual estaba podrida y se venía abajo (Serrano 1995, 285).

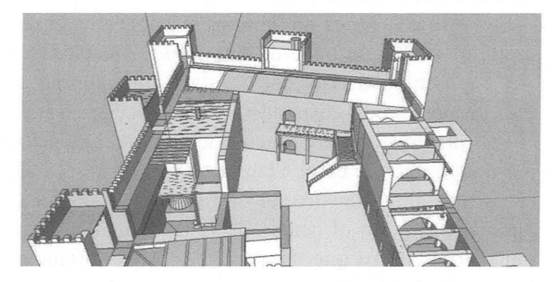


Figura 8
Escalera principal y salas de levante y poniente (Croquis del autor)

Las torres

La torre de la esquina sureste todo indica al superponer la planta actual con la de la figura 4 comprobamos que es la misma y que posiblemente se ha conservado en alzado hasta el inicio de los muros de ladrillo, ya que estaba construida con sillares de caliza y suponemos que estaría almenada.

La torre que ocupa el paño central, que no se conocía hasta ahora, por lo que describe el plano, tenía forma rectangular, disponía de una escalera de caracol en la esquina inferior derecha y una puerta situada en el centro hacia las salas en el muro del mediodía. Suponemos que estaría construida con sillares de caliza y estaría almenada, su lugar lo ocupa la puerta monumental de entrada al palacio barroco.

Sobre la Torre de la esquina suroeste nos dicen «que el lienzo de la torre que da el sol al mediodía es de tierra toda ella, es necesario derribarla y hacerla de cantería con dos esquinas y sus raphas de cantería que abracen las paredes de un lado y otro con una ventana en medio» (Consejo de Calatrava 1615, s.p).

No sabemos si esta remodelación se llego a ejecutar pero en la reforma 1728 se demolió y se construyo la actual torre cuadrada de nueva planta, la torre medieval de forma trapezoidal, con los muros mayores paralelos al paramento oeste mientras la torre actual es ortogonal a la fachada.

Fachada de levante del castillo

Como ya hemos descrito la puerta principal continuamos con la torre situada a su derecha que está construida en sus primeros metros con sillares y a partir de ahí con ladrillos, lo que hace suponer que los ladrillos sustituyeron al muros de tapial de argamasa compacta con cantos de caliza y mampuestos de arenisca del paramento original.

Había una serie de habitaciones que fueron construidas en esta zona por distintos personajes como: Don Hernando de Aragón arzobispo de Zaragoza que construyo tres habitaciones contiguas una de ellas encima de la entrada principal al lado del cuarto de guardia, tenía un suelo de marroquinería sobre el que se derrumbo el tejado, las otras dos estarían en la esquina sur este y a continuación se encontraría ya al mediodía una sala grande, bien conservada, con una ventana al mediodía y otra a la plaza que está dentro del castillo (Consejo de Calatrava 1615, s.p). El cuarto de guardia se encontraba a mano derecha según se entraba al castillo por la puerta principal, era un espacio rectangular y en él la figura 4 está señala-

do con un [2] y lo denominan cuarto del Sargento Mayor que en esa época estaba sin techos ni tejado debía de constar de dos plantas. A continuación se describe esta zona en visita de 1595 y en la de 1615 respectivamente

Al lado del cuarto de guardia hacia el claustro había otro aposento con ventana al sol saliente, junto a él, una habitación con ventana a la plaza, ambas en buen estado, así como otros dos aposentos pequeños al lado del anterior uno de ellos con una ventana al sol saliente donde había un cañón de chimenea derrumbado. (Consejo de Calatrava 1615, s.p).

Es necesario reparar «la torre de Gutiérrez López de Padilla debido a que los tejados de las garitas de su piso superior estaban muy deteriorados, en esta torre están las armas del Conde de Fuentes en piedra repicada, Saliendo de esta torre hay una sala grande donde hay un cenador [Habitación donde se cena] con una ventana que sale al patio [este era el cuarto de guardia] y enfrente de la puerta está un vertedor [Canal o conducto por el que se da salida a las aguas y a las inmundicias] y un lavador [Instrumento de hierro cilíndrico que se usa para limpiar las armas de fuego] y al testero y la sala están tres piezas con sus puertas y ventanas todo muy bien separado y en la una pieza está la ballestería» (Serrano 1995, 285). En los pisos bajos se disponían las cocinas, despensa bodegas caballerizas y corrales a los que encontraron aceptablemente aderezados, no así el horno que estaba caído. En la visita de 1.590 indican que «hay en el castillo un aljibe de buena construcción» (Serrano 1995, 285).

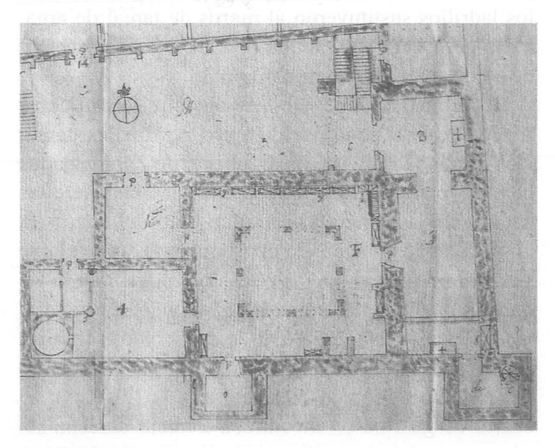


Figura 9
Estado actual del Aljibe del castillo (Foto del autor)

Este Aljibe de forma rectangular tiene una altura de unos 4,5 m, es una construcción románica de la que existen varios ejemplos en la región como el de Piracès, está cubierto con una bóveda de medio cañón con arcos rebajados y con los estribos empotrados en el estrato de grava y fondo plano. La cubeta donde se almacena el agua dispone a su alrededor de un encintado vertical inclinado de losas y ocupa la zona marcada con [4] en figura 11.

Hoy en día dispone de un forjado a un metro de altura sobre la base del mismo para poder desplazarse sobre el. El estado de conservación es bueno pero sería necesario retirar ese forjado, así como los materiales depositados sobre el y sustituirse por una pasarela, nueva instalación eléctrica, mejorar el acceso, limpieza y otros.

Los Cuartos sobre el aljibe aparecen señalados con un [4] en figura 8.de ellos nos decían: «En el cuarto que esta sobre el aljibe hay tres aposentos que están buenos» (Consejo de Calatrava 1615, s.p). Este espacio con sus cuartos ha desaparecido aunque en los planos de la reforma de 1728 se hace indicación expresa a que se iba a mantener su uso, el hecho es que desde el inicio del siglo XIX no aparecen en la planimetría conservada.

En las figuras 8 y 10 denominan a esta zona Cuartos del Prior, Habitaciones del horno, Piezas del horno y dibujan de abajo a arriba y de izquierda a derecha cuarto del horno [4.A] con un pozo [5] para tomar agua del aljibe y una entrada al claustro y otro acceso desde el cuarto [4B].

En la parte superior dos cuartos el [4D] con acceso desde el patio que hace de distribuidor al [4.B] y [4.C] aposento del Prior que al estar junto al horno y el pozo por lo cual dispondría de calefacción, agua, el recinto [h] que denominan indistintamente atrio por donde se entra en el Claustro, pieza de acceso al claustro o ante claustro, al que se accede por una puerta situada en el centro de la prolongación del muro del claustro que da al patio, era una estancia casi cuadrada que disponía además de una entrada en el muro sur para entrar al claustro. En el quicio de esta puerta se observa entre los restos de enfoscado del paramento la cara y cuerpo de una mujer lo que me hace suponer que el resto del cuarto tenia las paredes decoradas con pinturas, además estaría cubierto, no había sepulturas en el mismo como aparece figura 11 y solo tendría una planta como originalmente el claustro.

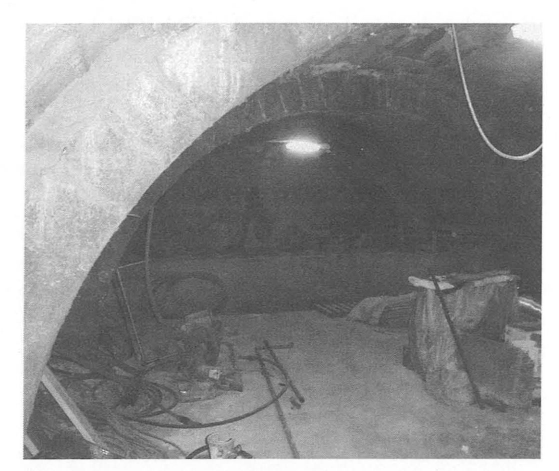


Figura 10
Restos de pinturas y esquina de la puerta de acceso al claustro desde atrio desaparecido (Foto autor)



Figura 11
Cuartos sobre el aljibe [4], ante claustro [h], claustro [F], torre Lanuza, iglesia y torre del homenaje [B]). (Aguas s.a, 3)

Sobre el claustro se ha escrito mucho por lo que solo vamos a hacer un pequeño comentario. Con la letra [L] se marca la escalera de subida al claustro alto, que debió modificarse, ya que no aparecen así en planimetrías posteriores, y se aprecian las marcas de esta escalera sobre la puerta de salida al patio demolida en la restauración de finales de 1.959

En los planos dibujan en la parte interior de la fachada de poniente del Claustro seis sepulcros de piedra así como otros dispersos por el claustro en su mayoría desaparecidos donde estaban enterrados los Comendadores.

La mitad de los muros exteriores al mediodía y la totalidad de los de levante del claustro están reconstruidos y no conservan las puertas de entrada a la torre, la de acceso al atrio y al horno. Los muros del ala de levante desde la torre segunda hasta el paramento de la iglesia incluyendo la torre del claustro eran muros de tapial de argamasa compacta con cantos de caliza y mampuestos de arenisca como se ve en figura 12 donde se observan las puertas de acceso a la torre del claustro así como los restos de su base, fueron demolidos aproximadamente en 1959.



Figura 12
Fachada de levante a la altura del claustro construida con muros de tapial, restos de una torre en primer término, Torre Lanuza a la derecha y Torre del homenaje a la izquierda antes restauración (Chueca 1956, fotos)

Fachada de Poniente del castillo

Vamos a estudiar la pieza [G] situada en la parte superior de figura 3 la leyenda dice que la línea de poniente estaba arruinada. Para acceder a la planta baja

se podían utilizar dos entradas la numerada con [13] bajo el arco de la escalera de acceso a pisos altos y la [14] en el centro de la estancia con forma de arco ambas en figura 8, ambas desaparecidas una en remodelación 1728 de la que no se tenía constancia y otra después de 1936, la escalera y los accesos fueron demolidos al construirse el palacio.

«Al lado de dicha escalera [S] estaba la cabelleriza y hay de una parte y de otra muchos pesebres y entre ellos hay revidados 32, en la propia caballeriza hay cinco estribos de piedra que salen a la plaza de dicho castillo y han de repararse sin dilación porque en ellos estriban cinco arcos y por faltarles los estribos se caen» (Consejo de Calatrava 1615, s.p).

En las excavaciones arqueológicas de 1986 quedo definida en su mayor parte esta zona que se refleja en un plano que complementa la figura 3 con la torre de esquina que denominaremos 1 y una posible torre 3, una nave alargada con pesebres a ambos lados, con muros exteriores de tapial de argamasa compacta con cantos de caliza y mampuestos de arenisca y probable revestimiento exterior de sillería (Benavente 1995,23).

Yo no creo que este paramento estuviese cubierto con sillares sino que al igual que estuvo la zona de levante hasta 1959 solo de tapial, además las múltiples referencias en los memorándum a que hay que reforzar con sillares los muros de las torres y el estado en que se encontraban, en el siglo XVIII. La sala estaba cubierta con arcos de los que se conservan los arranques de sillares que servían de sostén a la planta primera como arcos diafragma, no se sabe cuál era su uso en época medieval aunque al menos desde finales del XVI fue de caballerizas. Parte de estos elementos, aparecidos durante las excavaciones, actualmente se conservan en una cripta arqueológica en el piso bajo de la ampliación del Parador.

Dentro del conjunto de planos del estado del castillo antes de la reforma y los de la propia reforma esta el de figura 13 en él se proyecta la reconstrucción de la zona [G], ampliando la nave, incluyendo la torre del Sur oeste, mantenía el muro del patio así como la escalera por lo que se deduce que este plano es anterior al proyecto de construcción del palacio.

Piso alto pieza G y segundo Aljibe.

En la figura 13 vemos la planta y alzado de la escalera de subida al piso alto M y en el patio rodeado por la escalera la entrada al segundo aljibe [6] del que no se tenían referencias, se observa humedad en sus alrededores y sería necesario realizar excavaciones arqueológicas para su localización.

Para acceder a la zona de poniente nos dicen «Subiendo por la escalera principal [M] y ya en el pasillo al cabo de ella figura 4 hay una puerta a mano derecha [19] por la cual se entra en la cocina principal del suelo alto que cae encima de la caballeriza. Faltan las puertas y las ventanas y es necesario reparar un arco [Se desprende que la a techumbre se apoyaba en estos arcos diafragma] y un pedazo de tabique» (Consejo de Calatrava 1615, s.p).

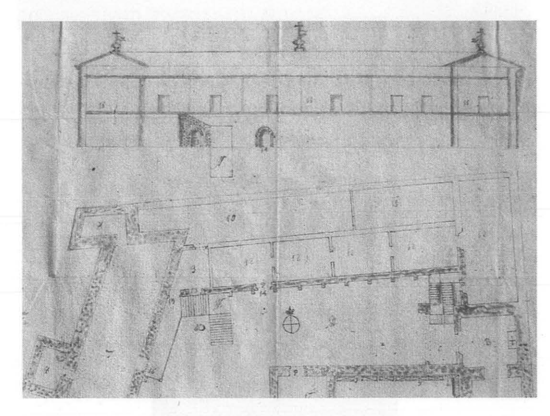


Figura 13
Alzado de la escalera principal de acceso zona de poniente y mediodía y puertas [13] y [14] de acceso a la parte baja zona G. (Aguas s.a, 3)

Hay más adentro otra cocina al lado de la anterior en la que se han de reparar las haldas de las chimeneas ya que están caídas y más adentro de esta segunda cocina, hay un aposento que dicen del cocinero». (Consejo de Calatrava 1615, s.p). Por todo lo anterior sabemos que este recinto estaba dividido en tres cuartos y el forjado seria de arcos diafragma.

Torres 1,2 y posible 3.

La torre 1 Estaba situada en esquina del noroeste, tenía unas dimensiones similares a las de su homóloga, la torre del campanario y no aparece en ninguno de los tres planos recientemente descubiertos al estar en una

zona baja de la plataforma se ha conservado el arranque de sus muros que no eran visibles a principios del siglo XVIII. Esta torre estaba construida con muro de tapial con un espesor medio de muro de 1,45 m.

La Torre 2 es la única que aparece en figura 3 en sala G que se corresponde con la torre 2 encontrada en las excavaciones arqueológicas, con la que coincide en posición y tamaño, tenía un espesor de muro de 1,45 m y estaba construida con muro de tapial. En 1809 Francisco Jaramillo en un croquis sobre el castillo nos dice que había que levantar el muro de poniente y que la torre 2 está bastante estropeada (Jaramillo Francisco 1809, 1).

Aparece una posible torre 3 junto al muro del palacio que no se pudo terminar de excavar debido a que por ahí discurren las conducciones de suministro al Parador. Debía estar formada por tapial, tenían un espesor de muro de 1,45 m no se ve en el plano figura 3. Pero en la visita al castillo dicen «Encima de las cocinas hay dos aposentos con un paso en voladizo del uno al otro, estos aposentos se encuentran en la torre de los Cerbellones y por otro paso en voladizo que hay en un rincón se entra a las necesarias [Pieza de necesidad la que es indispensable en un cuarto, como la sala, la alcoba], faltan dos ventanas» (Consejo de Calatrava 1615, s.p).

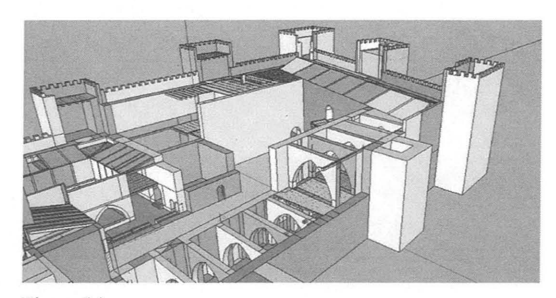


Figura 14
Reconstrucción de las salas de poniente y levante vistas desde poniente, la torre que aparece en primer término ya no era visible a principios siglo XVIII, la zona de poniente estaba en ruinas (Croquis del autor).

Fachada norte del castillo

Acceso al piso alto

Enfrente del aposento del cocinero [ver piso alto ala poniente] hay otro muy grande que dicen que es granero principal [X] tiene una ventana al cierzo y otra a la tramontana con rejas de hierro. Encima de este aposento hay otro al que suben los pilares que atraviesan el forjado de madera y yeso, el tejado estaba muy derruido y se ha de reparar porque las aguas caen en los aposentos de debajo y se pierden (Consejo de Calatrava 1615, s.p)

Escaleras y Atrio

«Saliendo de dichos graneros encima de la puerta de la iglesia a continuación del pórtico arriba dicho hay otro enlosado por donde se sube a la torre del homenaje y dicho enlosado carga sobre vueltas [forjado] de aljez [yeso] y madera por las juntas de las losas pasa el agua cuando llueve donde se ha perdido y se pierde las vueltas [forjado] de algez [yeso] y se ha de adovar [reparar] precisamente». (Consejo de Calatrava. 1615, s.p). Este mismo tipo de cubierta plana tendría la torre del homenaje.

Al lado de dicha iglesia hay una escalera pequeña, por la que se sube a la torre del homenaje, debajo del hueco de la escalera hay una puerta pequeña por donde se entra en un aposento que se encuentra en buen estado que parece haber sido capitulo (Consejo de Calatrava 1615, s.p). Sobre la torre del homenaje la leyenda de la figura 3 nos dice: «Escala para subir al almenar alto de la torre homenaje» (Aguas s.a, 2).

Es decir que la torre estaba coronada de almenas al menos hasta 1728 y en una fecha indeterminada recrecieron los muros de esta terraza con ladrillo para construir un cuarto con un tejado a cuatro aguas que en la restauración de los años 1957 a 1960 fue recubierto de sillares. La zona de la torre Lanuza y de la iglesia a partir de la planimetría del siglo XVIII se desprende que prácticamente lo único que ha variado es su uso, actualmente como salón de actos.

Consideraciones al modelo 3D del castillo de Alcañiz

Con objeto de tener una idea más aproximada de cómo era el castillo he realizado un modelo 3D del castillo en una fecha indeterminada de principios del siglo XVII. Con los datos actuales no conocemos ni la altimetría final del castillo ni la situación del segundo forjado, aunque si conocemos la del primero,

ya que la altura del piso bajo al conservarse el recinto medieval en la recepción y cafetería, queda perfectamente definido, tampoco tenemos datos de cómo eran las almenas y solo datos parciales de cómo estaban construidos los tejados o las terrazas.

El cerramiento exterior de poniente parece que eran muros de tapial de argamasa compacta con cantos de caliza y mampuestos de arenisca, incluyendo las torres, el de levante del mismo material desde la torre situada a la derecha de la puerta principal hasta la torre Lanuza, la fachada norte era de sillares y la sur estaba construida hasta una altura de unos seis metros con sillares siendo el resto muros de tapial como los anteriores. No se han dibujado las ventanas por que solo se conoce la posición aproximada de alguna de ellas y ni su tamaño.

Lista de referencias

Aguas, Miguel (atribuido a). Hacia 1720. *Planos del Castillo de Alcañiz.* Manuscrito. Madrid: Colección particular.

Bails, Benito. 1802. *Diccionario arquitectura civil.* Madrid. Imprenta de Viuda de Ibarra.

Benavente Serrano, José Antonio. 1995. «Memoria de las excavaciones arqueológicas del ala oeste del castillo de Alcañiz Campaña 1986». *Revista Al-Qannis* nº3 y 4. Teruel: Instituto de Estudios Turolenses.

Consejo de Calatrava. 1615. *Descripción del castillo de Alcañiz y coste de sus reparaciones.* Manuscrito. Madrid: Archivo Histórico Nacional

Chueca Goitia. Fernando. 1956. «Restauración de la Capilla y Torre del Homenaje». *Trabajos restauración realizados arquitecto Fernando Chueca Goitia.* Manuscrito. Madrid: Archivo General de la Administración.

Portero García, Gonzalo. 2004. «Cartografía geológica del cuaternario, Geomorfología, Memoria». *Mapa geológico de España* Hoja nº469 Alcañiz. Madrid: Instituto geológico y minero de España.

Jaramillo, Francisco. 1809. *Relación de los reparos que se han de hacer en el castillo.* Manuscrito. Madrid: Ministerio Defensa.

Mariátegui, Eduardo. 1876. *Glosario de antiguos términos de arquitectura y de sus artes auxiliares.* Madrid: Imprenta del Memorial de Ingenieros.

Matallana, Mariano. 1848. *Vocabulario de Arquitectura Civil.* Madrid: Imprenta de Don Francisco Rodríguez.

Rubio Torrero Beatriz. 1995. «Notas sobre las techumbres Mudéjares Turolenses». *Sharqal Andalus.* Teruel: Instituto de Estudios Turolenses

Serrano Martin Eliseo. 1995. «Notas sobre las reparaciones del castillo de Alcañiz en la edad moderna». *Revista Al-Qannis* nº3 y 4. Teruel: Instituto de Estudios Turolenses

La técnica constructiva de la tapia en la arquitectura militar y defensiva en España. Variantes e invariantes

Camilla Mileto
Fernando Vegas López-Manzanares
Lidia García Soriano

La técnica de la tapia ha estado presente desde épocas muy tempranas en la tradición constructiva de gran parte del territorio de la Península Ibérica. Su valor como parte de la cultura de los materiales de construcción en la península es innegable tanto por su origen como por el grado de conservación de estas estructuras y su perfecta adaptación con el medio ambiente (AA.VV. 2011). La construcción con tapia, en todas sus variantes constructivas, se ha desarrollado en España a lo largo de la historia tanto en la arquitectura monumental como en la tradicional y vernácula. En lo que atañe a la arquitectura monumental, se trata de una técnica constructiva que está presente frecuentemente en las construcciones militares.

La arquitectura de tierra en general ha estado presente en España desde épocas muy tempranas. Así lo demuestran los numerosos hallazgos arqueológicos y prehistóricos (al menos existen vestigios correspondientes a la Edad del Bronce, 1250-700 a.C.). Ya Plinio menciona el empleo de muros en tierra en la Península Ibérica. En su Historia Natural (lib. XXXV) hace referencia a torres y atalayas realizadas con tierra desde épocas desconocidas. La llegada de los romanos impulsa el uso del encofrado como sistema de construcción de grandes obras, mediante el *opus caementicium*, realizado con cal y árido en diversas proporciones. Pero es sin duda con la llegada de los primeros musulmanes, a principio del siglo VIII, cuando la arquitectura de tierra conoce su mayor expansión y diversificación. A lo largo de cinco siglos en Al-Andalus las arquitecturas militares y civiles de alcazabas, murallas, atalayas...se erigen en tierra (Márquez 2008).

Con este trabajo se pretende realizar un análisis preliminar global sobre la arquitectura militar del territorio español construida con la técnica tradicional de la tapia de tierra, en cualquiera de sus variantes constructivas.[1]

Metodología

La investigación desarrollada sobre las técnicas constructivas de la arquitectura militar en tapia en España se ha desarrollado en el ámbito del proyecto de investigación «La restauración de la arquitectura de tapia en la Península Ibérica. Criterios, técnicas, resultados y perspectivas» (ref. BIA 2010-18921) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (2011-13). El objetivo principal de este proyecto ha sido estudiar los criterios y técnicas de intervención en la arquitectura monumental de tapia en la Península Ibérica a través de un amplio listado de edificios restaurados durante los últimos treinta años. Paralelamente a la investigación sobre los criterios y las técnicas de intervención, en las fichas redactadas para la toma de datos, se ha dedicado una entera sección a la descripción de la técnica constructiva. Los datos recogidos en esta sección han servido para la redacción de la presente investigación que supone una sistematización y síntesis sobre la técnica cons-

tructiva de la tapia en sus variantes en la arquitectura militar española y que se basa fundamentalmente en un estudio de casos y utiliza métodos cualitativos para su análisis.

Los datos recogidos en las fichas se han extraído de fuentes indirectas mediante el vaciado de la bibliografía existente sobre el tema y sobre cada caso específico, vaciado de archivos de diversas administraciones (Instituto de Patrimonio Cultural de España, la Junta de Andalucía, Generalitat Valenciana, Diputación de Valencia, archivo de Castilla La Mancha, Cataluña...), fichas redactadas por los arquitectos o agentes involucrados en la restauración y que previamente han estudiado el edificio y sus técnicas constructivas y mediante el empleo de fuentes directas a través de las visitas realizadas a un importante número de edificios.

Aproximación a los casos de estudio

La investigación se ha iniciado con la búsqueda y selección de casos de estudio que formarán parte de la muestra. A través de las diversas fuentes empleadas se ha llegado a la obtención de una selección de 164 edificios propios de la arquitectura militar española que están construidos con la técnica de la tapia. Esta muestra de estudio está compuesta por edificios que responden fundamentalmente a tres tipologías distintas de arquitectura militar: torres, con 23 edificios seleccionados, murallas con 29 casos de estudio y castillos, siendo el grupo más numeroso con una muestra de 112 edificios.

Si se atiende a la distribución geográfica de los casos de estudio, el objetivo ha sido que ésta fuera lo más homogénea posible de modo que se han seleccionado edificios en las diferentes comunidades autónomas, siendo las zonas con mayor número de edificios seleccionados la Comunidad Valenciana (con 61 casos de estudio), Andalucía (47 edificios), Murcia y Castilla La Mancha (con 13 casos de estudio en cada una de estas comunidades) (figura 1).

El sistema constructivo de la tapia más básico es la tapia de tierra común, en la que el material empleado para la construcción del muro es únicamente la tierra. En el caso de los edificios militares la voluntad de aumentar la resistencia de los muros implicó generalmente intentar solventar la vulnerabilidad de la tapia de tierra simple con una serie de mejoras técnicas, por lo que no son frecuentes los muros de tapia común en este tipo de estructuras militares, sino que se tiende al empleo de variantes más complejas y evolucionadas, que contemplan el añadido de conglomerantes, mampuestos y/o ladrillos en diversas modalidades.

El añadido de conglomerantes puede tener lugar mezclado en la propia masa o en forma de refuerzos

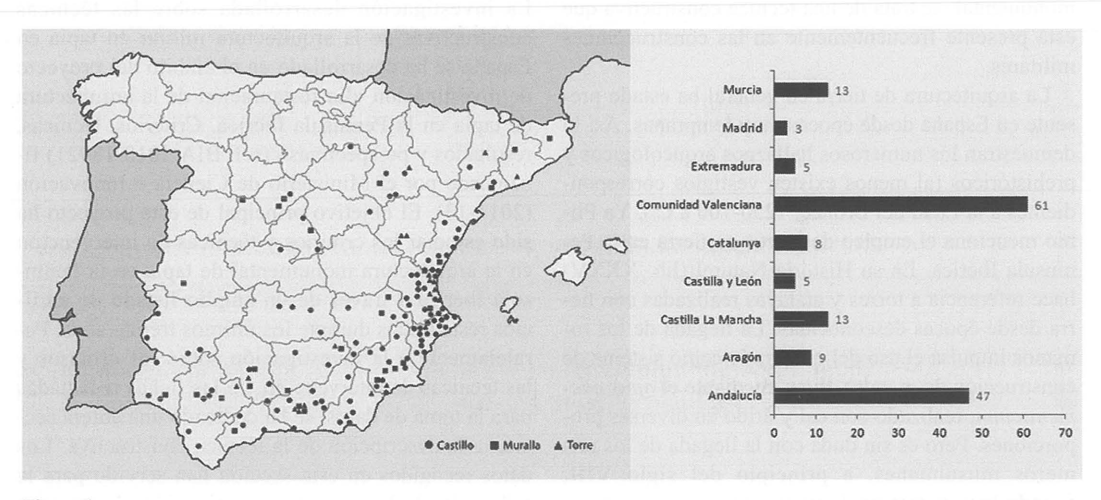


Figura 1
Distribución geográfica de los casos de estudio (esquemas de los autores 2013)

de la costra o de las juntas. La cal se emplea como conglomerante en la gran mayoría de las tapias, añadida en mayor o menor proporción, desde un extremo que sería la tapia de hormigón de cal, hasta el otro que sería una tapia de tierra con una pequeña adición de cal en la masa. Los refuerzos de conglomerante adoptan diversas variantes: la tapia calicostrada, solución característica en el caso de emplear la cal, o la tapia con juntas reforzadas, brencas y/o tepes, soluciones propias del empleo del yeso. La utilización de la cal es propia de comunidades como Andalucía y Murcia, mientras que el uso del yeso es más propio de zonas como Aragón y la Comunidad Valenciana.

El añadido de ladrillos, mampuestos, sillares, etc. a la tapia da lugar a otras variantes también conocidas como la tapia rellena con mampuestos, la tapia valenciana con ladrillos o mampuestos, la tapia encajonada, etc. A veces, la presencia de estos elementos puede poseer simplemente una justificación constructiva, como puede ser la creación de un basamento que evite el ascenso por capilaridad, la solución de las esquinas de una construcción de tapia que no dispone de encofrado corrido o el ahorro de empleo de cal en la tapia reforzada con mampuestos en su masa. Su función como refuerzo estructural es discutible, considerando que en muchas ocasiones, los elementos insertados son reciclados o defectuosos, como sucede con la tapia valenciana de ladrillos.

Análisis de las variantes constructivas de los casos de estudio

Tras el análisis de los casos de estudio seleccionados, es posible afirmar que las variantes constructivas más frecuentes en la arquitectura militar son las tapias combinadas con conglomerantes. El principal componente empleado de la tapia de tierra es la cal, pero resulta imprescindible destacar el empleo del yeso como añadido a la tapia fundamentalmente en la zona de Aragón.

A pesar de la gran diversidad existente en la dosificación para la masa de tapia (variable en cada caso) es posible realizar un análisis agrupando las variantes según los componentes básicos empleados, como el contenido de cal, el tamaño máximo y forma de los áridos e incluso otros tipos de materiales que en ocasiones se añaden a la masa como por ejemplo los fragmentos cerámicos.

La tapia con cal, arena, grava e incluso mampuestos en su interior, que frecuentemente se denomina tapia de cal y canto u hormigón de cal, es una tipología de muro encofrado que se diferencia de la tapia común porque se vierte y fragua sin necesidad de apisonado. Su presencia es limitada por su excesivo coste, siendo mucho más común la tapia de tierra con mayor o menor adición de cal en la masa. En este caso, el proceso de apisonado hace migrar en parte la cal y los finos hacia las paredes del encofrado crean-


Castillo de Yanguas (Soria)


Murallas de Aledo (Murcia)

Figura 2
Ejemplos de edificios militares construidos con tapia de tierra y cal (fotos de L. García Soriano 2013)

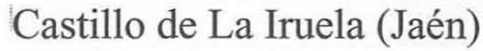
do una costra de gran dureza, resistencia y durabilidad en relación a la cantidad de cal añadida. Algunos de los casos de estudio que responden a esta tipología son el Castillo de Yanguas (Soria), las Murallas de Aledo (Murcia), las Murallas del Alcázar de Carmona (Sevilla), las Murallas de Jorquera (Albacete) y el Castillo de Burgalimar en Baños de la Encina (figura 2).

Dentro de este grupo es posible encontrar diversas subvariantes según la dosificación y granulometría empleada en cada caso. Por ejemplo, en el Castillo de Alcalá de Gallinera el análisis de los porcentajes que quedan en el tamiz de 0,063 permitió elaborar hipótesis sobre el tamaño de los granos de cal y arena, para que fuera posible deducir los valores de la dosificación. Estos valores oscilan entre proporciones cal-arena 1:2,3 y 1:1 (Soler 2012). En otros casos el contenido en cal es incluso mayor, como en las torres de la provincia de Albacete (la Atalaya de Huertas, la de Torrepedro y la de Calderones). Estas torres están construidas también con añadido de cal, y en estos casos los materiales que conforman el muro, además de la cal y la grava y arena, son también los cantos de caliza y dolomía y fragmentos cerámicos. En estas torres el contenido en cal es elevado, obteniendo un porcentaje de carbonato cálcico entre el 32 y 35 %. Como referencia, es importante destacar que un mortero con proporción cal-arena 1:1 contiene un porcentaje de carbonatos del 21% (Castilla 2012).

En cambio, también se han analizado casos en los que el contenido en cal como refuerzo de la masa es bastante bajo, es el caso por ejemplo de la Torre Bofilla de Bétera, en la que los muros se realizan con tapia mejorada con cal y mampuestos en su interior, empleando bastante poca cantidad de cal en la masa del muro, con una dosificación cal-arena de 1:9 (Mileto 2011).

Otra variante de tapia de tierra con cal muy frecuente es la tapia calicostrada. Esta tipología se caracteriza por la formación de una costra de mortero de cal en la cara superficial del muro durante su ejecución. El proceso constructivo es similar al de la tapia común pero previamente al vertido de la tierra, se vierte una capa de mortero de cal en toda la base del muro y en forma de cuña contra las paredes del tapial. De esta manera al apisonar la tierra, la cal se extiende por la superficie, uniéndose en las sucesivas tongadas formando una costra continua en todo el paramento exterior que actúa como protección. Esta costra puede tener un espesor variable según los casos y disponerse en ambas caras del muro o solo en la exterior, por ser la más expuesta. Algunos ejemplos de casos de estudio analizados que responden a esta variante son la Alcazaba de Málaga, el Castillo





Castillo de La Iruela (Jaén)



Castillo de La Mola en Novelda (Alicante)

Figura 3
Ejemplos de edificios militares construidos con tapia calicostrada (fotos de L. García Soriano 2013)

de Moguer (Huelva), el Castillo de La Iruela (Jaén), el Castillo de Sagunto (Valencia) y el Castillo de la Mola en Novelda (Alicante) (figura 3).

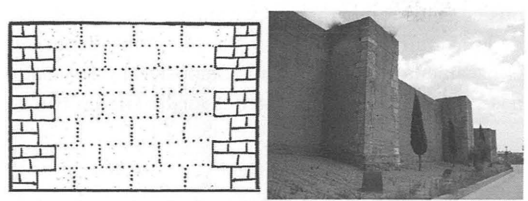
En las tapias calicostradas, el material que configura la costra es prácticamente solo cal, mientras que la masa del muro puede contener la cal como conglomerante o no y en diversas proporciones. En algunos de casos de estudio, como en el Castillo de la Vilavieja (Nules) se han podido analizar muestras de diversos muros de tapia calicostrada obteniendo resultados diversos pero que pueden agruparse considerando que las tapias analizadas se fabricaron como máximo con una dosificación cal-arena en peso superior a la 1:3 e inferior a la 1:2 (Alejandre 2012).

Como se ha apuntado previamente, además del empleo de la cal como material de mejora de la tapia de tierra, otro material que suele utilizarse frecuentemente como conglomerante en la arquitectura militar en la zona de Aragón y la Comunidad Valenciana, es el yeso. En algunos casos se utiliza únicamente el yeso en masa, aunque es frecuente que incluso en estos casos se añada cal como retardante al fraguado. Por ejemplo, en el caso de la Torre del Castillo de Villel los muros están realizados con tapia de yeso en la que el material conglomerante está formado por un 93 % de yeso y un 4,65 % de cal (Sanz 2012).

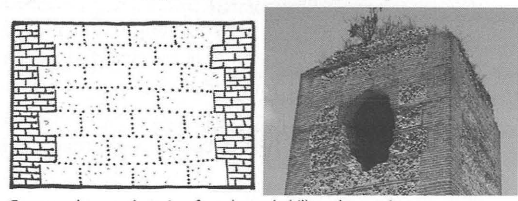
En el caso de añadir ladrillos, mampuestos, sillares, etc. a la tapia surgen otras variantes que se pasan a describir. Aparte de la muy común tapia rellena con mampuestos en la masa, es imprescindible mencionar también la variante específica denominada tapia valenciana en la que los ladrillos se incorporan a la masa del muro para reforzarla. Esta tipología de tapia se caracteriza por la incorporación de ladrillos o medios ladrillos en cada una de las sucesivas tongadas de tierra (frecuentemente se dispone también una costra de mortero de cal). Los ladrillos se colocan generalmente a tizón, disponiéndolos en contacto con la cara interior del encofrado. El proceso de compactación de la masa durante el apisonado produce que esta fluya por la cara exterior de los ladrillos, que quedan retranqueados con un llagueado irregular saliente al exterior y juntas entre hiladas de ladrillo muy anchas, correspondientes al espesor de las tongadas, obteniendo un aspecto exterior muy característico. Esta variante recibe el nombre de tapia valenciana por ser común en la zona de Valencia pero su extensión geográfica no se limita a la Comunidad Valenciana, sino que más bien abarca la región de Murcia hasta llegar a Andalucía (Mileto 2012). Algunos de los edificios analizados construidos con esta variante son las Murallas de Mascarell, el Castillo de Cofrentes, Castillo-Palacio de Alaquàs, el Castillo-Palacio de Llutxent y el Castillo de Forna. Otra subvariante de esta tipología es la tapia reforzada con piedras en sus paramentos, cuyo proceso constructivo es el mismo que el de la tapia valenciana pero cambiando los ladrillos por piedras.

Por otra parte, existe también la tapia encajonada, normalmente entre machones, tepes o esquinas de fábrica de ladrillo por sus extremos y verdugadas del mismo material en la base y coronación de cada hilada o grupos de hiladas. Estas verdugadas actúan como refuerzo de la junta horizontal de la tapia y sirven para regularizar la base de la tapia superior. Los machones y las esquinas, construidos en adaraja para una mejor traba, se caracterizan por su continuidad vertical, mientras que los tepes se caracterizan precisamente por su discontinuidad vertical, quedando desplazados en cada tapiada, para una mejor traba de los cajones de tierra. Las variantes más avanzadas son las que incorporan diversos materiales como refuerzo, como es el caso por ejemplo del Castillo de Aroche (Huelva) en el que se realizan refuerzos con mampostería y encintados de ladrillo (figura 4).

En cuanto a la presencia de ladrillos, mampuestos o sillería en la tapia por cuestiones meramente cons-



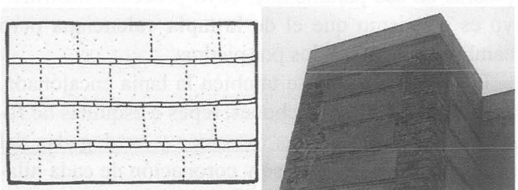
Esquema de muro de tapia reforzado con sillería en las esquinas



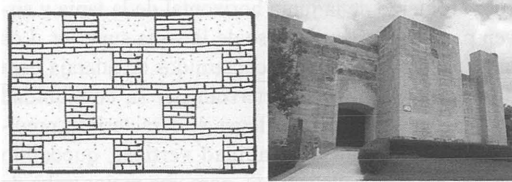
Esquema de muro de tapia reforzado con ladrillo en las esquinas

Figura 4
Ejemplos de estructuras con refuerzos entre las hiladas de tapia (fotos y dibujos de L. García Soriano 2013)

tructivas, se debe señalar que en la solución de las esquinas, los materiales añadidos más frecuentes en la arquitectura militar son la sillería, como por ejemplo en la Muralla de Niebla, y el ladrillo, como en el caso de la Muralla de Madrigal de las Altas Torres (figura 5).



Esquema de muro de tapia reforzado con verdugadas de ladrillo entre tapias



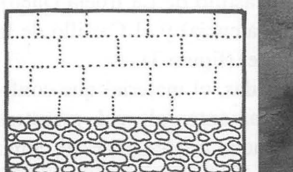
Esquema de muro de tapia reforzado con machones y verdugadas de ladrillo

Figura 5
Ejemplos de estructuras con refuerzos en las esquinas (fotos y dibujos de L. García Soriano 2013)

En lo que atañe a la creación de zócalos o basamentos, se suele emplear la mampostería o la sillería para proteger el muro de tapia frente a la humedad del terreno. En algunos casos los materiales empleados en estos refuerzos van variando, como es el caso de la Muralla de Castro del Rio (Córdoba) en la que el basamento se realiza con mampostería y las esquinas se refuerzan con fábrica de ladrillo (figura 6).

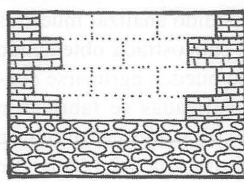
Conclusiones

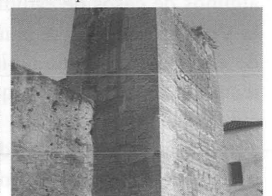
Esta investigación trata de ofrecer una visión global de las variantes constructivas de la técnica de la tapia empleadas en la arquitectura militar del país. La realidad actual es que la red de conocimientos sobre la arquitectura de tapia a nivel nacional e internacional es cada vez más amplia y los foros de debate están también promoviéndose cada vez más. Sin embargo, muchas de las investigaciones realizadas se centran en un edificio o en un área limitada. La relevancia de este trabajo radica en haber realizado un análisis global de los distintos casos de estudio, siempre de forma consciente a las propias limitaciones del mismo.





Esquema de muro de tapia con basamento de mampostería





Esquema de tapia con basamento de mampostería y esquinas de ladrillo

Figura 6
Ejemplos de estructuras con basamento de mampostería (fotos y dibujos de L. García Soriano 2013)

Este trabajo debe entenderse como parte de una investigación más amplia que sigue desarrollándose. Por otra parte, el objetivo es seguir avanzando con la intención de aumentar los casos de estudio y analizar con mayor profundidad los ejemplos que presentan características de especial interés con el fin de poder seguir aprendiendo de las particularidades de esta técnica constructiva tan variada y rica.

Así pues, es posible afirmar que en la arquitectura militar, dada su función defensiva, los muros suelen ejecutarse con variantes constructivas que incorporan materiales a la masa para mejorar sus prestaciones, fundamentalmente la cal o el yeso. Cada uno de los casos analizados presenta una granulometría y dosificación distinta, pero es posible realizar un primera clasificación mayor con los edificios que presentan características similares en cuanto a materiales (los invariantes), para a partir ella poder definir subcategorías según las características propias de cada caso (refuerzos, materiales adicionales…) que serán las que definirán los variantes.

Nota

1. Este trabajo forma parte del proyecto de investigación «La restauración de la arquitectura de tapia en la Penín-

sula Ibérica. Criterios, técnicas, resultados y perspectivas» (ref. BIA 2010-18921) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (2011-13).

Lista de referencias

Alejandre, F. J.; Martín del Rio, J. J. y F. Blasco. 2012. *Caracterización y elaboración de informe científico-técnico de muestras de tapiales de las murallas del Castillo de la Vilavieja (Castellón)*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Castilla, F. J.; Serrano, J. L. y D. Sanz. 2012. «The rammed earth walls in the watchtowers of the order of Santiago in Albacete province (Spain)». *Rammed Earth Conservation*, pp. 71-76. Londres: Balkema.

Márquez Bueno, S. y P. Gurriarán Daza. 2008. «Recursos formales y constructivos en la arquitectura militar almohade de al-Andalus». *Arqueología de la arquitectura* 5, pp. 115-134.

Mileto, C.; Vegas, F. y V. Cristini. 2012. «Refuerzos y mejoras: variantes constructivas de la tapia de tierra en España». *Actas de XI Terra2012 Int. Conference*. Lima.

Mileto, C.; Vegas F. y J. M. López. 2011. «Criterios y técnicas de intervención en tapia. La restauración de la torre Bofilla de Bétera (Valencia)». *Informes de la Construcción*, vol 63, pp. 81-96.

Sanz, J. M. 2012. «Restoration of the gypsum wall built with formwork in the tower of the castle of Villel (Teruel, Spain). *Rammed Earth Conservation*, pp. 211-216. Londres: Balkema.

Soler, A.; Soler, R. y J. Ortega. 2012. «Restoration of the stone tapia of hsin al-Qala (Castell d'Alcalà de Gallinera). Alicante, Spain». *Rammed Earth Conservation*, pp. 413-418. Londres: Balkema.

Vegas, F.; Mileto, C. y V. Cristini. 2011. «Earthen Architecture in Spain». *Terra Europae. Earthen Architecture in European Union*, Brussels: Culture Lab and Pisa: ETS.

Vegas, F. et al. 2011. «Earthen techniques in Europe». *Terra Europae. Earthen Architecture in European Union*. Brussels: Culture Lab and Pisa: ETS.

Técnicas constructivas del monasterio de los Santos Andrés y Gregorio en Roma

Valeria Montanari

Gregorio Magno, en el siglo VI, según lo que indican las fuentes antiguas, antes de ser elegido pontífice fundó en el monte Celio en Roma el monasterio dedicado al apóstol Andrés (Bartola 2003, VII-XIII). La estructura monástica se había construido sobre la casa paterna del futuro Pontífice; ocupaba el área entre el antiguo *Clivus Scauri*, la calle romana que de las laderas occidentales del Celio sube hacia la plaza actual de los Santos Juan y Pablo, y la extremidad meridional del monasterio actual de San Gregorio (Colini 1944,199-218; Grisar 1902, 711-726) (figura 1).

El conjunto arquitectónico ha sido objeto en el tiempo de varias transformaciones. En la segunda mitad del siglo XVI, con el paso del monasterio a los monjes camaldolenses, se realizan ampliaciones importantes; sin embargo, el aspecto actual se debe sobre todo a las obras realizadas en las primeras décadas del siglo XVII; después de éstas, durante el siglo XVIII se han realizado ulteriores intervenciones (Pedrocchi 1993).

A la izquierda de la iglesia actual de San Gregorio se encuentran las tres capillas de Santa Bárbara, San Andrés y Santa Silvia, que se han construido sobre preexistencias romanas y medievales; su conformación actual es el fruto del mismo proceso de renovación realizado en los primeros años del siglo XVII por los cardenales abades comendatarios Cesare Baronio y Scipione Borghese (figura 2).

La presente contribución expone sintéticamente los resultados de un primer análisis en las estructuras de mampostería preexistentes y que todavía pueden leer-

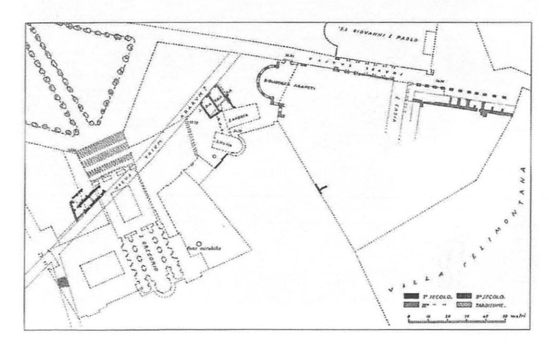


Figura 1
Topografía antigua de la zona de S. Gregorio al Celio (Colini 1994, tab. XI)



Figura 2
Roma, las tres capillas de S. Gregorio al Celio: S. Barbara, S. Andrea, S. Silvia (foto de la autora 2012)

se en este conjunto; en concreto han sido objeto de estudio las mamposterías en que se asienta la capilla actual de Santa Bárbara, con el fin de comprender su proceso evolutivo. A la descripción de la estructura de mampostería en objeto, se han añadido comparaciones con mamposterías que pueden identificarse en otros monumentos, entre los que pertenecen a los mismos períodos históricos, con el fin de una mayor comprensión de las varias técnicas de construcción y de las diferentes variantes en ambiente romano.

Fases de construcción que pueden encontrarse en las mamposterías visibles de la capilla de Santa Bárbara

Al período más antiguo pueden referirse los restos de un paramento de mampostería en *opus mixtum,* constituido por fajas de *opus reticulatum* alternadas con recursos de *opus testaceum,* que pueden encontrarse en un tramo de la fachada externa del ambiente de conexión entre la capilla de Santa Bárbara y la de San Andrés; en esta pared, que se extiende por una longitud de metros 7,50 y de desarrolla en altura por 12 metros, el revestimiento en obra mixta se conserva completamente en la mitad de la derecha y hasta de unos 4,50 metros desde el suelo en la porción restante de la fachada (figuras 3-4).

Carlo Pavolini (1999, 85; 2003, 45) afirma que ésta, originariamente, tenía que ser una pared interior. Un paramento de albañilería similar se ha observado en un fragmento incorporado en el tambor de la «*Bibliotheca* de Agapito», el aula con ábside situada a corta distancia en dirección norte, con disposición paralela al *Clivus Scauri* (Colini 1944, 201; Pavolini



Figura 3
Fachada externa del ambiente de conexión entre la capilla de Santa Bárbara y la de San Andrés (foto de la autora 2010)

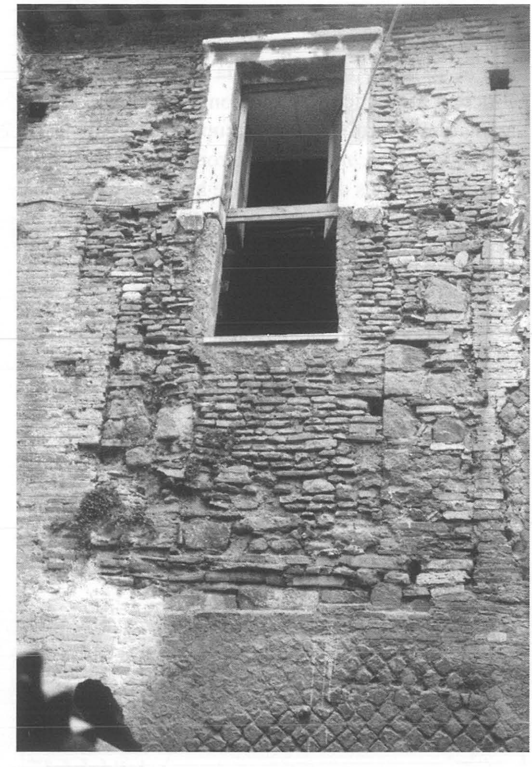


Figura 4
Fachada externa del ambiente de conexión entre la capilla de Santa Bárbara y la de San Andrés, detalle antes de la restauración (foto de la autora 1986)

1999, 88-89). La porción de mampostería entre las dos capillas se presenta dividida en bandas horizontales de obra reticulada, altas metros 1,78 y alternadas con cadenas de ladrillos, constituidas cada una por cinco filas que miden un total de un pie.

De éstas hoy podemos apreciar tres; sin embargo es probable que entre la primera y la segunda desde abajo hubiera una intermedia; de hecho, la porción de albañilería entre estas dos bandas de *opus testaceum* mide el doble de la faja superior de reticulado. Además, siempre en este tramo a mitad de altura la mampostería resulta ser muy modificada: se notan fragmentos de ladrillos y piedras pequeñas con alineación pseudo-horizontal. A esta misma altura, en la parte izquierda de la fachada se encuentran huellas de una gran abertura, sucesivamente tapada con material de recuperación.

En el *opus testaceum* de la segunda cadena desde abajo, pueden verse tres orificios para la introducción de las viguetas del andamiaje; éstos se encuentran a una distancia entre ellos de aproximadamente 1 metro, y tienen la altura de dos ladrillos.

De la observación directa, añadimos que los *cubilia* de toba, con una coloración que varía desde el amarillo al rojizo, del paramento del *opus reticulatum* tienen una dimensión de 8,5-9 cm por lado (figura 5).

En la parte inferior izquierda de la pared está presente un arco de descarga de *sesquipedales,* cuyo diámetro es de metros 3,50 (Marrou 1931, 140); la distancia entre el intradós y el nivel actual del suelo es de unos metros 1,50. El extradós del arco es tangente al segundo cuadro, desde abajo, de obra reticulada; la cadena de ladrillos situada abajo del mismo se arrima al extradós pero no toca el vértice, en que se apoyan directamente las aristas de cinco *cubilia.* Debajo del arco, la mampostería de obra reticulada regresa de unos 10 cm; en la parte central es visible el taponado de una perforación, tal vez abierta en un período sucesivo para realizar un compartimento cuyo plano de pisada hoy se encuentra a una altura inferior de unos metros 1,40 con respecto al nivel del terreno. Los sesquipedales que forman el dintel del arco tienen un espesor de 3,9-4,2 cm y son separados por lechos de mortero de 1,6-1,8 cm.

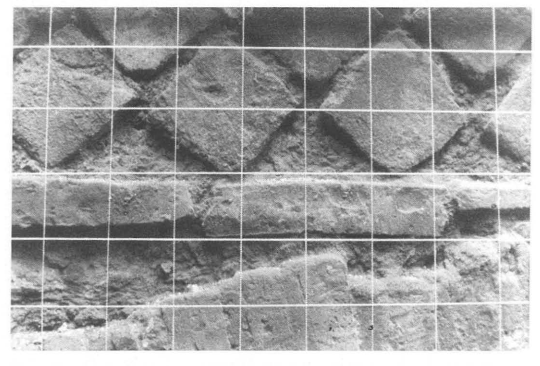


Figura 5
Fachada externa del ambiente de conexión entre la capilla de Santa Bárbara y la de San Andrés. Detalle del opus reticulatum de mampostería mixta (foto de la autora 1986)

Giuseppe Lugli ha observado que el espesor de los ladrillos empieza a disminuir desde la primera mitad del siglo II y eso hasta comienzos del siglo III d. C.; sucesivamente, la mayor disposición de material de recuperación, asociada a una técnica constructiva inferior, determina el aumento progresivo de los espesores que continúa hasta la edad de Constantino. Durante el reinado de Adriano, se ha notado que este espesor es de aproximadamente 3,3-4 cm, con mayor presencia de los de 3,8 cm, y los lechos de mortero miden 1,2-1,5 cm; en la época de los antoninos los espesores son 3,2-3,6 cm, con mayor presencia de los de 3,3 cm y los lechos de mortero tienen una altura de 1,3-1,8 cm (Lugli 1957, I, 583, 604, 608).

Los planos de colocación horizontal de la *opus testaceum* son formados por ladrillos de diferente longitud, algunos de los cuales aparecen quebrados, y donde sin embargo no se excluye el uso de algunas tejas rotas; de eso deriva, inevitablemente, un espesor mayor de las capas de mortero, aunque eso siempre es contenido con respecto a las del dintel del arco.

La pared a la izquierda es cortada por la pared lateral de la capilla de San Andrés, cuyos cimientos, visibles en un ambiente a que hoy se accede a través de una trampilla situada debajo del pórtico que sirve como conexión a los tres oratorios, por sus características no tendrían que ser anteriores al siglo IX (Marrou 1931, 138); a la derecha la pared examinada termina con una espina vertical de ladrillos que presenta anclajes rectangulares formados por 5 ladrillos (de unos 30 cm de altura) que se repiten a distancia regular. La relación entre la *opus testaceum* y la *opus reticulatum* resulta ser de 1 a 6, es decir un pie de ladrillos (unos 30 cm) cada cuatro de obra reticular (aproximadamente 1,80 m).

Como observado por Giuseppe Lugli (1957, I, 517), durante el reinado de Adriano (117-118) los recursos de ladrillos e alternan a las fajas de *opus reticulatum* cada $3^{1}/_{2}$–4 pies; en cambio, anteriormente, en la época de Domiciano y de Trajano (81-117), esta alternancia ocurría normalmente cada 3 pies.

Sin embargo existen anticipaciones en este sentido que pueden atribuirse a la primera década del siglo I d. C.; de hecho puede datarse de este período el cuerpo de fábrica de reticulado con anclajes de ladrillos (constituido por el cuadripórtico, el hemiciclo y parte de la sala de estar) añadido a la Villa de Gneo Pompeyo Magno, situada entre la milla XIII y la milla XIV de la vía Appia (realizada entre los años 61 y 58 a. C). En este caso las fajas de ladrillos, constituidas por 5 filas de ladrillos que tienen la altura de 1 pie, se alternan con entrepaños de reticulado con altura variable entre los tres y los cuatro pies, aunque esta relación sea, como observado por Lugli, vigente en la edad entre Domiciano y Adriano (Lugli 1957, II, tab. CL, 1).

El mismo estudioso, a propósito de los anclajes rectangulares de ladrillos del *opus mixtum*, indica que en una obra cuidadosa la distancia entre tales anclajes oscila entre 1 pie (aproximadamente 30 cm) y un pie y medio (unos 45 cm); en el caso estudiado, la mampostería de conexión entre las capillas de San Andrés y Santa Bárbara, se ha notado que los dientes de la espina de ladrillos, situados en el lado izquierdo, hoy legibles sobre todo entre la primera y la segunda faja de obra reticulada empezando desde abajo, resultan ser posicionados a la distancia de un pie, formando, en la espina, una relación de $1{:}1^{1}/_{2}$ (un pie de mampostería de ladrillo, constituido por 5 ladrillos, alternado con un pie $^{1}/_{2}$ de reticulado, en que entran aproximadamente 2 *cubilia* y $^{1}/_{2}$).

Especialmente durante el reinado de Adriano, por el uso de ladrillos de espesor menor, las filas, para alcanzar un pie de altura, están constituidas por 6 ladrillos (Lugli 1957, I, 517); una situación análoga también se presenta cuando el material utilizado se saca de tejas fragmentadas; además en este caso, al espesor exiguo de los ladrillos se añade la irregularidad de las superficies visibles que requiere una mayor cantidad de mortero intermedio (figura 6).

Una obra reticulada con anclaje de ladrillos formados por 6 ladrillos, que puede reconducirse a la edad de Adriano, se encuentra en un *horreum* en la Semita de los Cippi en Ostia (reg. I, ins. XIII, n. 2); aquí la elaboración es especialmente curada, los ladrillos se

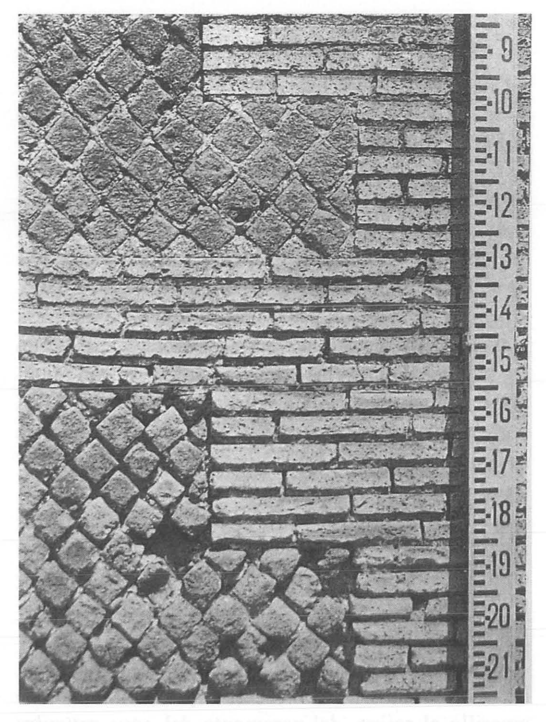


Figura 6
Ostia, «Mercado Pequeño' (edad de Adriano). Detalle del opus reticulatum de mampostería mixta (Lugli 1957, II, tab. CLI, fig. 2)

han pulido y los lechos de mortero presentan signos de ranurado (Lugli 1957, II, tab. CLI, 4).

Siempre en el período de Adriano, las piezas de los pabellones en *opus reticulatum*, de la obra mixta, alcanzan los 8-9 cm de lado, como en el tramo de mampostería que estamos estudiando y son, en general, de toba litoide.

Es conocido el aumento paulatino de las dimensiones de las piezas de la obra reticulada encontrado en Roma: en el período en que esta técnica fue usada sola, es decir sin la alternancia con la *opus testaceum* (por lo tanto, desde el segundo cuarto del siglo I a. C., hasta poco después de mediados del siglo I d. C.), desde los 5-6 cm por lado observados en el teatro de Pompeyo se pasa a los 7-8 cm que se encuentran en el teatro de Marcelo, hasta llegar a los 8,5-9 cm del Mausoleo de Augusto (Lugli 1957, I, 494, 517).

La inserción en los pabellones reticulados de fajas horizontales de asentamiento de ladrillo ocurre paula-

tinamente y comienza en la edad imperial; esta técnica constructiva, comúnmente definida *opus mixtum*, parece responder mejor a los esfuerzos inducidos por las coberturas con bóveda, utilizadas cada vez más a partir de esa época, en sustitución de los tejados de madera. En la *opus reticulatum*, que tiene planos de base oblicuos, la resistencia de la mampostería se encomienda exclusivamente al mortero, mientras que las superficies realizadas por planos horizontales se presentan más idóneas a contrastar los empujes verticales inducidos por los sistemas de bóveda.

Hasta la época de Tiberio, el ladrillo utilizado en la obra mixta está constituido principalmente por material de recuperación (tejas fragmentadas, ladrillos rotos); sucesivamente y durante todo el período de Adriano, se registra un uso creciente de ladrillos de corte triangular, debido a un incremento de la producción de los ladrillos. En un primer momento el uso del ladrillo se reserva a las aristas de las paredes y se ancla a la obra reticulada (o incierta); sucesivamente se empezaría a colocar filas de ladrillos en el entrepaño de la pared, primero aislados y sucesivamente, como hemos visto, en caras de varios ladrillos; éstas toman el lugar, en las aristas, de los anclajes posicionados a lo largo de su línea, garantizando, de esta forma, una mayor rigidez a la estructura de la mampostería.

Durante el reinado de Adriano, el uso de una mejor calidad del mortero permitirá espaciar las filas de ladrillos y reducir, en las aristas, los anclajes; éstos, como refiere Lugli, son raros en la Villa Adriana. Las mismas características se encuentran en los períodos de Antonino Pío y de Marco Aurelio; después de este período, con raras excepciones, que se detectan en estructuras realizadas sobre todo en las provincias, el uso del paramento reticulado ya no se utilizaría en la obra mixta (Lugli 1957, I, 514, 517; Adam 1984,142-147).

Volviendo a la mampostería que estamos examinando, que se encuentra en la fachada que conecta los oratorios de San Andrés y de Santa Bárbara, de las observaciones realizadas podemos concluir que el tramo de albañilería en *opus mixtum*, constituido por entrepaños en *opus reticulatum* separados por cadenas de *opus testaceum*, perteneciente seguramente al siglo II (de acuerdo con la literatura al respecto — Marrou, Colini, Krautheimer— que habla de los primeros treinta años del siglo II, y además los estudios recientes de Pavolini, por los caracteres formales encontrados y por las peculiaridades deducidas a partir de la observación directa), puede colocarse en la primera mitad de este período.

A una segunda fase pertenece la estructura, con paramento de acabado de ladrillos, que se arrima a ésta y que constituye la infraestructura de la capilla de Santa Bárbara; la fachada externa de esta estructura se desarrolla a lo largo del *vicus Trium Ararum*, un eje vial de conexión entre la Puerta Capena y el *Clivus Scauri*, hacia el sur por una longitud de unos 16 metros. Ésta se caracteriza por dos arcos de descarga de medio punto de *bipedales*, de metros 3,95 de amplitud, cuyos extradoses se han enmarcado con ladrillos colocados de canto. Debajo del arco izquierdo todavía puede verse otro arco de descarga rebajado, siempre en *bipedales* (figura 7). En la parte superior, a unos 5 metros desde el nivel actual del suelo, se encuentra una serie de repisas de travertino altas 40 cm y anchas 30 cm, a una distancia entre ellas de aproximadamente 1 metro (Marrou 1931, 135-136).

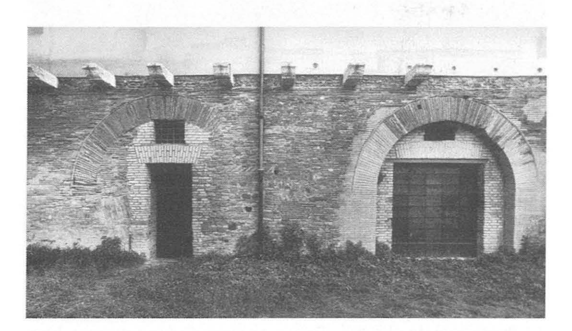


Figura 7
Fachada que da al *vicus Trium Ararum* de las *tabernae* bajo la capilla de Santa Bárbara (Insalaco 2003, 108, fig. 15)

La fachada, interrumpida a la derecha por una mampostería tardía, constituida por grandes bloques de tuba alternados con filas de ladrillos, y a la izquierda por un contrafuerte realizado en época reciente, tenía que tener una mayor amplitud a lo largo de las dos direcciones del eje vial trazado por el *vicus Trium Ararum*, y en altura (de hecho las repisas son los elementos de apoyo de un balcón). En correspondencia de los arcos hoy se encuentran unas aberturas modernas; el umbral de las dos puertas se encuentra mucho más arriba que el originario. La estructura responde a la tipología de la *insula*, la casa

de viviendas con tiendas en la planta baja; éstas últimas, llamadas *tabernae*, eran independientes del resto de la construcción y tenían la salida directa a la calle; además tenían a disposición espacios de servicio sacados dividiendo la altura del local con altillos de madera; estos entrepisos se iluminaban mediante una pequeña abertura situada en la fachada, generalmente alineada con la puerta de la tienda (figura 8).

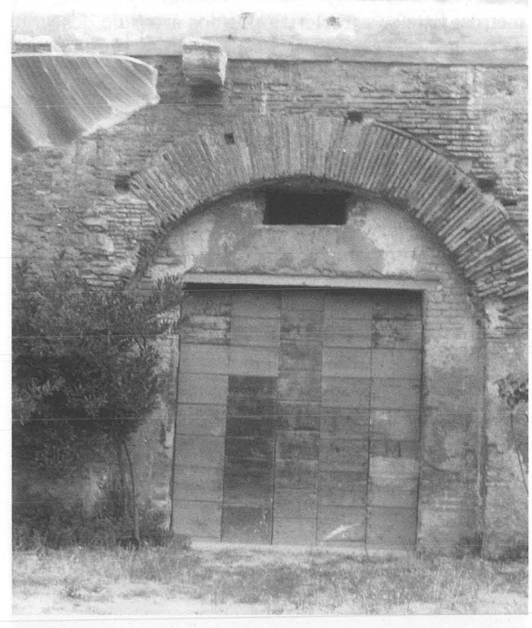


Figura 8
Fachada que da al *vicus Trium Ararum* de las *tabernae* bajo la capilla de Santa Bárbara. Detalle antes de la restauración (foto de la autora 1986)

Los dos locales que se abren detrás de la fachada (A y B del texto de Marrou), uno en correspondencia de cada arcada, tienen una planta trapezoidal, resultado del encuentro entre la alineación de la pared en obra mixta del siglo II (cuyos lados longitudinales de los ambientes son paralelos) y la inclinación, con respecto a ésta, del *vicus Trium Ararum* (figura 9).

Originariamente éstos no comunicaban entre ellos; las aberturas en la pared divisoria son modernas. Estos ambientes son cubiertos con bóvedas en cañón, que se asientan en las paredes longitudinales y presentan un revestimiento muy cuidado de ladri-

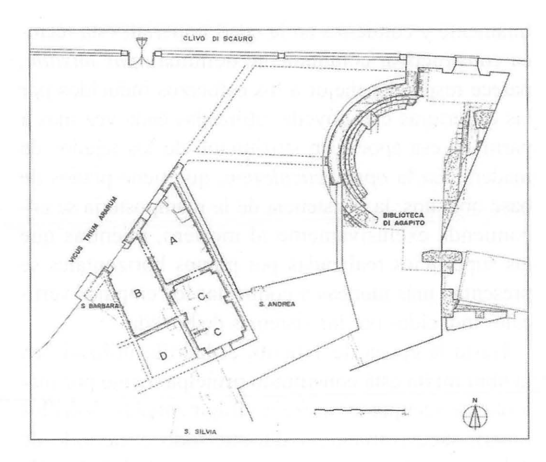


Figura 9
Ambientes bajo la capilla de Santa Bárbara (A, B, C1, C) (Pavolini 2003, 69, fig.1)

llos cuadrados, separados por otros colocados de canto, para reforzar la estructura. En las coberturas de bóveda se apoya la capilla de Santa Bárbara, situada arriba, que se desarrolla transversalmente a éstas, ya que tiene el eje longitudinal paralelo al *vicus Trium Ararum*.

Las últimas intervenciones de restauración, realizadas con ocasión del Jubileo del año 2000 (Filetici 2003, 144-147), han vuelto accesible un ambiente situado entre el descrito por Marrou (1931, 137-140, fig. 3), de que se accede desde el pórtico de las capillas (C) y la tienda izquierda (A). Este ambiente (C1), como había supuesto el estudioso francés, presenta la misma cobertura del local C (una bóveda de arista asentada en pilares angulares) y originariamente formaba con éste una única habitación bastante grande. Los ambientes (A, B, C1) tienen en común el mismo acabado de las bóvedas (ladrillos cuadrados) y en todos son visibles los soportes de travertino en que se apoyaban los entrepisos (Pavolini 2003, 69-73). Sólo en el ambiente C1 se tiene el plano de pisada originario; las habitaciones A y B son parcialmente enterradas (Insalaco, 2003, 110).

De las huellas que aún pueden verse en la fachada y del conocimiento de los locales situados detrás de la misma se deduce que debajo de cada arco de medio punto, a la altura del entrepiso, tenía que abrirse una ventana y, alineada a ésta, más allá del arco rebajado (por lo tanto a una altura inferior con respecto

al plano de campaña actual) una puerta para el acceso directo desde la calle a la *taberna*.

Las mismas configuraciones se encuentran en la fachada de los Mercados de Trajano en la vía Biberática; además hay muchos ejemplos de eso en las *insulae* de Ostia: desde la técnica de construcción (arcos de descarga, aberturas), a las técnicas compositivas más propiamente espaciales. Morrou (1931, 142) propone una comparación con las casas romanas a los pies del Campidoglio, a lado de San Martín ai Monti, y las situadas debajo de las iglesias de Santa Anastasia y de los Santos Juan y Pablo; todas éstas pueden datarse de la primera mitad del siglo III. Pavolini (2003, 73) aquí reconoce una determinada tipología de vivienda —comercio que puede reconducirse al tipo I de la clasificación de Packer (1971, 6); además si la profundidad del edificio situado debajo de la capilla de Santa Bárbara es de solamente dos habitaciones, como parecería al estado actual de nuestros conocimientos, para ese autor existen muchos elementos en común con las *insulae* de Ostia, que pueden datarse de la época severiana: de hecho, éstas presentan un desarrollo mayor a lo largo de la fachada, con ambientes pocos profundos, donde las plantas bajas normalmente son ocupados por *tabernae* (Pavolini 2002, 325-352).

La cortina de mampostería está constituida por ladrillos sutiles de color rojo; se notan tejas fragmentadas y ladrillos de recuperación, aunque la realización sea muy cuidada. Marrou (1931, 141) refiere que los ladrillos se cortan en triángulos y que su espesor promedio es de 2,3 cm alternados por lechos de morteros de 1,8 cm; en un metro se encuentran entre 21 y 24 recursos. La misma relación es indicada por Krautheimer (1937, 318): en 50 cm, 11-12 filas de ladrillos.

Desde la observación directa también se deduce que los bipedales del arco rebajado presente en la fachada, de aspecto uniforme y compacto, tienen un espesor de alrededor de 2,5 cm, y se han separado con capas de mortero inferiores a los dos centímetros (figura 10). La literatura indica que esta estructura, por sus características de construcción, el aspecto y el uso de los materiales, puede datarse de la época de los Severos, por lo tanto de los primeros treinta años del siglo III.

En este período el espesor de los ladrillos sigue disminuyendo: de una altura promedio de 3,2 -3,6 cm (con lechos de mortero de 1,3-1,8 cm), que puede encontrarse bajo los Antoninos, se pasa a una altura incluida entre los 2,5 y los 3,3 cm (figura 11). Los ladrillos son de color oscuro a causa de una cocción más prolongada; las armellas de los arcos casi siempre son de bipedales (figura 12); además es frecuente el uso de tejas fragmentadas. Como en la época de Domiciano, se recupera el uso de los bipedales para el refuerzo de la mampostería, pero a mayores distancias (entre los 4 y los 6 pies); éstos pueden presentarse incluso de color más claro y de espesor lige-

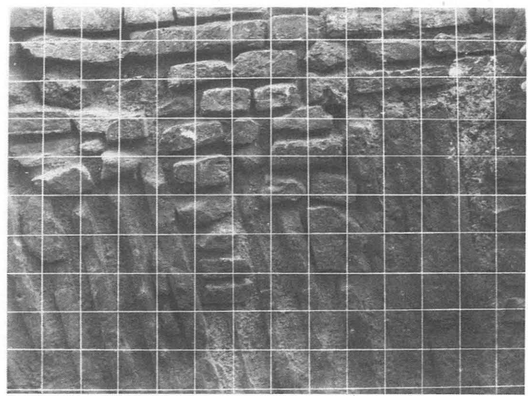


Figura 10
Fachada que da al *vicus Trium Ararum* de las *tabernae* bajo la capilla de Santa Bárbara. Detalle de arco rebajado en *bipedali* antes de la restauración (foto de la autora 1986)

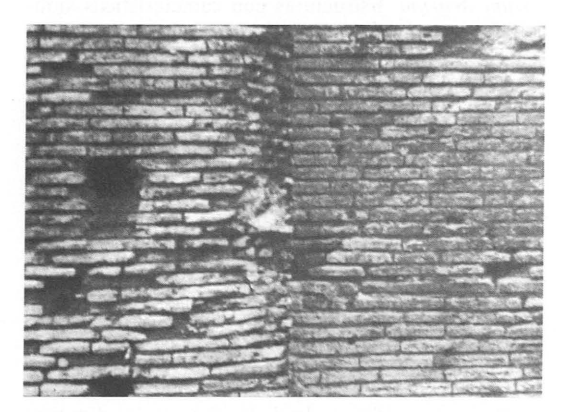


Figura 11
Roma, estadio de Domiciano en el Palatino. A la derecha: detalle de la mampostería de Domiciano; a la izquierda: detalle de la mampostería de Settimio Severo (Lugli 1957, II, tab. CLXI, fig.2)

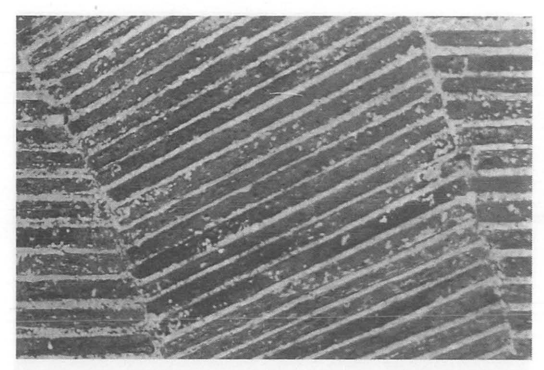


Figura 12
Ostia, teatro, arco en *bípedali*, detalle. Extensiones de Settimio Severio y Caracaralla (Lugli 1957, II, tab. CLXX, fig.4)



Figura 13
Fachada externa de la pared sobre que se apoya el ábside de la capilla de Santa Bárbara (foto de la autora 2012)

ramente mayor (Lugli 1957, I, 611). Un ejemplo de pabellón severiano con recursos de ladrillos de color más claro se observa en los pilares del acueducto Celimontano.

La fachada externa de la pared sobre que se apoya el ábside de la capilla de Santa Bárbara es la continuación de la pared en *opus mixtum* de conexión entre ésta y la capilla de San Andrés, en dirección este-oeste; este paramento corresponde a toda la anchura del oratorio, continúa incluso más allá de la arista de la pared, en dirección norte-sur, y se ancla al pabellón de ladrillos de las *tabernae* a lo largo del *vicus Trium Ararum*. Estructuras con características similares se encuentran esparcidas en varios puntos de esta fachada, además que en la pared realizada en obra mixta, cerca de la capilla de San Andrés, para cerrar una parte de una gran abertura. Eso la coloca en el interior de una importante operación de reestructuración de todo el conjunto (figura 13).

Esta pared mide 10,50 metros de anchura y metros 11,20 de altura (plano de apoyo del techo); su estructura en obra mixta está constituida por elementos lapídeos, en su mayoría de peperino, alternados a filas de ladrillos formadas por un número variable entre 1 y 4 ladrillos de varios tamaños y colores. Las filas siguen generalmente una disposición horizontal; sólo en la porción inferior, desde los 2 hasta los 4 metros desde el suelo, se notan unas ligeras ondulaciones de los planos de colocación. En este tramo el material lapídeo se presenta menos homogéneo: las piezas están constituidas en su mayoría por fragmentos de peperino, más o menos escuadrados, que aquí presentan dimensiones menores con respecto al resto de la fachada, unas pocas piezas de tobas (en su mayoría utilizadas para cubrir una abertura que se ha creado en la parte central), y algunos elementos esparcidos de piedra caliza de travertino (casi seguramente de recuperación). En la parte de la bancada, a la izquierda, la estructura incorpora dos grandes bloques de toba que proceden, posiblemente, de la pared de *opus quadratum* del siglo I a. C., situada al sur de la capilla de Santa Silvia (sobre esta pared véase Grisar 1902, 726; Marrou 1931, 134; Colini 1944, 202, tab. XI). Entre éstos una junta vertical constituida por fragmentos de ladrillos se adapta a las imperfecciones de las superficies de contacto; arriba una fila de ladrillos marca el plano de colocación superior; en el lado derecho de la fachada, a esta altura, corresponden cuatro filas de fragmentos de peperino separadas cada una por una fila de ladrillos. Siempre en este tramo los fragmentos, al tener una forma más irregular, a veces son separados por pequeñas porciones de mampostería de ladrillos, más raramente por cuñas.

La dimensión de los fragmentos, en esta porción es de alrededor de 12-14 cm, y luego crece en las capas superiores. Se ha observado que, hasta una altura de unos 2,4 metros (desde la altura actual del terreno), en la parte derecha de la fachada, 4 filas de mampostería miden metros 1,10 (figura 14); después de eso, con el aumento de las dimensiones de los fragmentos, en este módulo se encuentran 3 recursos.

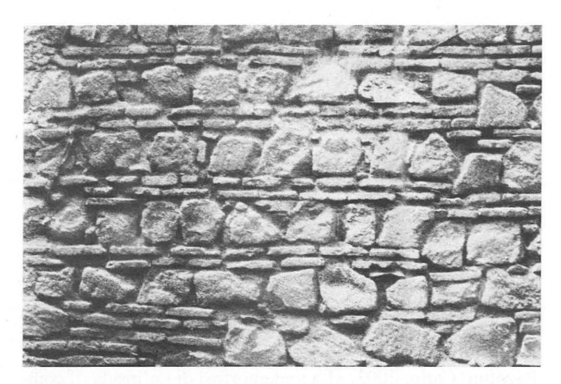


Figura 14
Fachada externa de la pared sobre que se apoya la capilla de Santa Bárbara, detalle antes de la restauración (foto de la autora 1986)

Hasta la altura del espolón que se inserta en la arista derecha (unos 5 metros desde el suelo), los recursos de piedra siguen constituidos por fragmentos irregulares, pero la trama adquiere una mayor conformidad por el uso de filas de ladrillos constituidas por dos o tres ladrillos, aunque no todos sean perfectamente horizontales. Arriba de esta cuota los elementos de peperino tienen un tamaño mayor, se vuelven más regulares y, con la excepción de la primera fila donde todos los bloques se han dispuesto según el lado menor, se disponen, generalmente, de forma canónica (eso se nota también en la porción izquierda de las tres filas que corren inmediatamente debajo de esta altura).

El pabellón de mampostería presenta, a la izquierda, en la zona de contacto con el paramento de *opus mixtum* del siglo II, huellas que harían pensar en la existencia de un contrafuerte, como en el lado opuesto.

Los mechinales están presentes desde la altura de 5 metros desde el suelo para arriba y se han colocado a intervalos regulares; se encuentran cada cuatro filas y distan entre ellos desde 1,40 hasta 1,60 metros; su ubicación se encuentra más a menudo en el recurso ocupado por el peperino.

La literatura coloca genéricamente esta mampostería entre los siglos XII y XIII (Marrou 1931, 135; Krautheimer 1937, I, 318). De la comparación con ejemplos de área romana, que pueden reconducirse a esa época, es posible observar que el uso de fragmentos de peperino de tamaño similar a lis que se encuentran en la parte baja de la fachada se acerca a los del atrio de San Clemente (donde miden 9-13 cm), y a los que se encuentran en el transepto de San Bartolomé all'isola (10-14 cm), reconducibles a la intervención realizada en la época de Pascual II (Montelli 2011, 158), donde, por otra parte, también se encuentran analogías en la trama constructiva (siempre con referencia a la parte inferior de la fachada) y asimismo en el transepto de San Eusebio.

Podemos concluir afirmando que en el paramento de mampostería de la pared absidal de la capilla de Santa Bárbara se reconocen varios momentos constructivos, debidos principalmente a las diferentes fases de realización en el interior de una única obra (mano de obra diferente, disponibilidad diferente de material lapídeo). Sin embargo, es posible que la diversidad que se encuentra entre la parte inferior y la superior, en que de cualquier forma se utiliza la misma técnica, se deba parcialmente también al hecho de que la construcción haya sido completada o, tal vez, más probablemente, reanudada (después de algunos daños) en un momento histórico de poco sucesivo, y que esta intervención se haya realizado con el mismo lenguaje constructivo.

Lista de referencias

Adam, Jean Pierre. 1984. *La construcion romaine. Matériaux et techniques* (trad. it. *L'arte di costruire presso i Romani. Materiali e tecniche*). Paris.

Bartola, Alberto. 2003. *Il regesto del monastero dei SS. Andrea e Gregorio* ad Clivum Scauri, Codice diplomatico di Roma e della regione romana. Roma.

Colini, Antonio Maria. 1944. *Storia e topografia del Celio. La propaggine di S. Gregorio,* Atti della Pontificia Accademia Romana di Archeologia, s III, «Memorie» VII: 199-218.

Esposito, Daniela. 1998. *Tecniche costruttive murarie medioevali. Murature a "tufelli" in area romana.* Roma.

Filetici, Maria Grazia. 2003. «L'aula absidata c.d. Papa Agapito e gli edifici antichi che costeggiano il Clivus Scauri: architettura e restauri». *Caelius I, Santa Maria in Domnica, San Tommaso in Formis e il Clivus Scauri.* Englen, A. (ed.) 131-147.

Gibelli, d. Alberto. 1888. *Memorie storiche ed artistiche dell'antichissima chiesa abbaziale dei SS. Andrea e Gregorio al Clivo di Scauro sul Monte Celio.* Roma.

Gibelli, d. Alberto. 1892. *L'antico monastero dei SS. Andrea e Gregorio al Clivio di Scauro sul Monte Celio.* Faenza.

Giuliani, Elisabetta y Carlo Pavolini. 1999. «La «Biblioteca di Agapito» e la Basilica di S. Agnese». *The transformations of Urbis Roma in late antiquity*. W.V. Harris (ed.). 85-107. Portsmouth: Rhode Island Grisar, Hartman. 1902. *Il monastero primitivo di S. Gregorio Magno al Celio,* «Civiltà Cattolica», ser. XVIII, VI: 711-726.

Insalaco, Antonio. 2003. «Rilettura di un gruppo di frammenti della Forma Urbis». *Caelius I, Santa Maria in Domnica, San Tommaso in Formis e il Clivus Scauri*. Englen, A. (ed.) 107-111.

Krautheimer, Richard. 1937. *Corpus Basilicarum Christianarum Romae,* I: 317-232. Città del Vaticano.

Lugli, Giuseppe. 1957. *La tecnica edilizia romana con particolare riguardo a Roma e Lazio,* I-II. Roma.

Marrou, Henri Irenee. 1931. «Autour de la Bibliothèque du Pape Agapit». *Mélange d'archeologie et d'histore de l'Ecole Française de Rome*, XLVIII: 125-168.

Marta, Roberto. 1989. *Tecnica costruttiva a Roma nel medioevo.* Roma.

Marta, Roberto. 1991. *Tecnica costruttiva romana.* Roma.

Montelli, Emanuela. 2011. *Tecniche costruttive murarie medievali. Mattoni e laterizi in Roma e nel Lazio fra X e XV secolo*. Roma.

Padrocchi, Anna Maria. 1993. *San Gregorio al Celio. Storia di un'abbazia*. Roma.

Packer, James E. 1971. *The insulae of imperial Ostia*. Roma.

Pavolini, Carlo. 2002. *«La trasformazione del ruolo di Ostia nel III secolo d. C.». Mélange d'archeologie et d'histore de l'Ecole Française de Rome*, CXIV: 325-352.

Pavolini, Carlo. 2003. «La metamorfosi di un'insula. Il complesso della «Biblioteca di Agapito» sul Clivo di Scauro». *Caelius I, Santa Maria in Domnica, San Tommaso in Formis e il Clivus Scauri*. Englen, A. (ed.) 68-90.

La piel de la cebolla. Superposición de sistemas constructivos en un monasterio cisterciense

Susana Mora Alonso-Muñoyerro
Pablo Fernández Cueto

Muchas veces se dice de algún monumento que se edificó sobre otro anterior, que de él no había quedado nada. Y posiblemente no sea reconocible desde el exterior ningún resto de anteriores construcciones, pero resulta bastante ilógico que no se aprovecharan éstos cuando puedan servir de base sólida para los nuevos elementos constructivos, aunque solo fuera por economía de medios y esfuerzos.

La obra de restauración es el momento, como hemos dicho en otras ocasiones, de conocer sus fábricas, su constitución, las uniones entre ellas, superponiéndose de formas diversas para formar un mismo plano, para trabarse, para aumentar en altura...

En muchos monumentos no es fácil ver su evolución, más allá de las descripciones historiográficas o/y estilísticas. Las modificaciones, las transformaciones a lo largo del tiempo y ya no digamos cuando han respondido al concepto de restauración estilística, que han buscado dotar al edificio de un cierto «barniz» que iguale, que unifique... y será la caída, la desaparición de esas capas, de esas pieles superpuestas (como una cebolla), lo que permita entender lo que hay debajo.

En Carracedo, el monasterio cisterciense del Bierzo (al que aunque vayan pasando los años, seguimos atados...) los estudiosos señalan su origen en una propiedad y edificación real, donada a los monjes para construir su monasterio. Un monasterio con un claro diseño en planta correspondiente a la tipología de la orden del Císter, pero cuya imagen fue cambiando de los siglos XIII a XVIII. La tradición se refiere al rey Veremundo[1], quien en ese lugar poseía una quinta de recreo.

Es la fecha del año 990 la más aceptada como de su primera fundación, al donar el rey esta propiedad a los monjes que huían de las incursiones de Almanzor[2]. Y será la ruina, consecuencia de las vicisitudes sufridas tras la invasión francesa y la posterior Desamortización y más tarde la Restauración, lo que nos da a conocer distintos sistemas constructivos correspondientes a épocas muy distintas. Gran parte de los autores que han estudiado el monasterio desde el punto de vista historiográfico, afirman que del siglo X no queda ningún resto material[3].

Sus pieles

En torno al claustro reglar, se disponen los distintos espacios siguiendo en planta la organización cisterciense. La iglesia en el lugar más alto, al norte, y enfrente al sur, el ala del refectorio, calefactorio o sala de monjes, cillerería y cocinas. Y al oeste, la desaparecida ala de conversos.

El ala oriental, alberga los espacios de la Sacristía y anejos, Sala Capitular, Locutorio, Pasaje...además de la gran escalera que conduce a los interesantísimos espacios en segunda planta.

Este ala oriental presenta un aspecto totalmente distinto al observarlo desde el claustro o desde el exterior. Desde fuera, se observa un espacio torreado

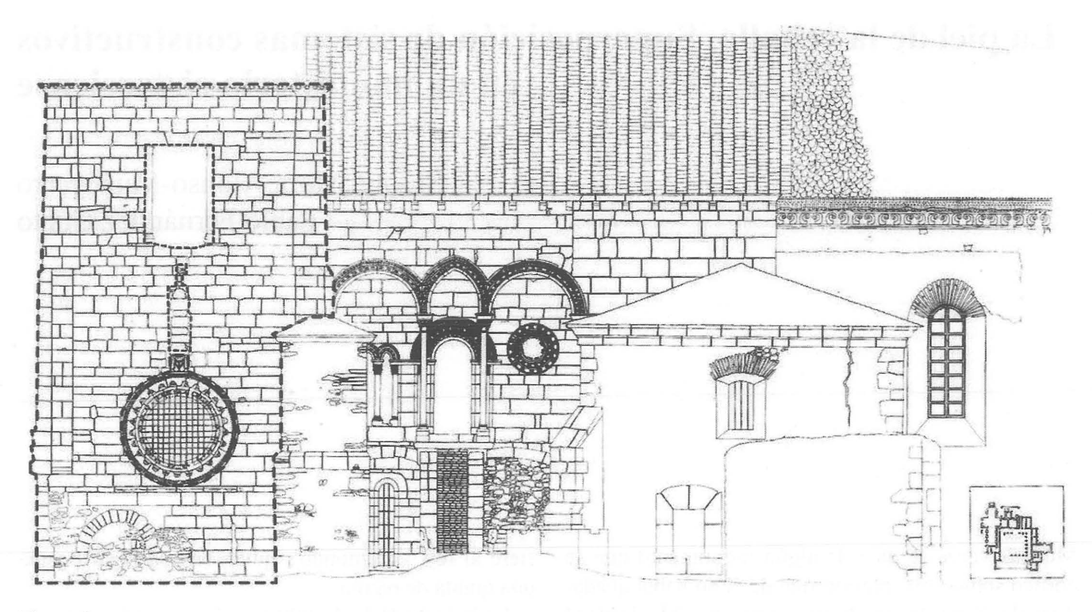


Figura 1
Fachada oeste del ala oriental del claustro reglar (dibujo de autores 2013)

con numerosos e interesantes huecos que han sufrido numerosas transformaciones. Entre ellos, un gran rosetón desproporcionado para el lugar y a una altura sorprendente por lo inadecuada (casi al ras del suelo desde el interior). Sobre él, una interesante pieza de cantería en forma similar a un atlante, que pudiera ser recolocada (figura 1).

Observando este ala oriental desde el claustro reglar, la atención se centra en torno a la portada de lo que fue Sala Capitular del monasterio cisterciense[4]. El Bierzo es una comarca donde abunda la pizarra, y es de esta piedra el arranque del muro que se abre al citado claustro. Muro de dos hojas, seguramente con relleno o vertido interior. Esta hoja exterior de mampostería concertada o sillarejo de color grisáceo, llega hasta unos dos tercios del arco de medio punto abocinado que sirve de portada. A continuación, tres hiladas de sillares/sillarejos de dimensión y tipo de piedra muy distintos posiblemente arenisca o caliza.

La hilada siguiente ofrece unas características muy distintas, a base de sillarejos muy alargados y con acabado irregular, que parecen rellenar el hueco de una hilada vacía. Y prosigue la fábrica, con tres hiladas de sillarejo de mayor dimensión y buena labra, hasta llegar a una roza, línea o junta, que podría corresponder a una antigua línea de cubierta. A partir de ahí, siete hiladas similares. Y a continuación, el remate de la fachada, a base de mampostería de bolos o piedras de río, hasta llegar a la cubierta con la que ha llegado a nuestros días. Su estructura de madera, corresponde a la restauración de D. Luis Menéndez-Pidal (figura 2).

Acercándonos un poco más a esta fachada, estudiándola con mayor detalle, vemos algunas singularidades. En una de las hiladas más próximas a la clave del arco de la portada, se pueden reconocer varios sillares de menor anchura que el resto de la hilada, que podrían rellenar tres huecos o posibles mechinales. Un poco más arriba, advertimos también otros mechinales más irregulares y de menor dimensión, que se han rellenado con fábrica de ladrillo[5]...

Unos arcos apuntados de ladrillo aplantillado, de la transformación que tuvo lugar en el siglo XVI en el claustro, se insertan en el plano del muro, partiendo de unas ménsulas de piedra que arrancan del muro, y de una de las arquivoltas de la portada. Indicando que, en el momento que se construyeron, no se valoraban en absoluto las fábricas en las que se apoyaban, rompiéndolas, para empotrarse en ellas las fábricas anteriormente citadas.

Figura 2
Fachada oeste del ala oriental del claustro reglar (dibujo de autores 2013)

Prácticamente centrada con la portada, y por encima de los arcos apuntados de ladrillo, percibimos un hueco alargado, con dintel en arco adintelado de una pieza de cantería (figura 3). Pero mirando más detenidamente, reconocemos otro hueco similar a la izquierda, entero; y a la derecha, y a distancia similar, otro mucho mayor, pero que podría haber sido igual en su origen.

Centrados en los espacios existentes entre estos huecos, se abren dos magníficos rosetones, uno de ellos con sus preciosas tracerías prácticamente completas. Pero observamos otra singularidad: justo bajo la junta/roza y casi en línea vertical con la portada, aunque más al sur, se ven dos piezas de cantería que podrían haber sido recolocadas. Toda esta interesantísima y compleja zona queda delimitada, en su extremo sur, por un ángulo o esquina, que gira o da la vuelta, evidenciándose mediante algún canecillo con roleo, que remataría una fachada exterior perpendicular al claustro. Es decir, la zona anteriormente descrita en torno a la portada, se adosaría lateralmente a ese espacio. Con el espesor que estamos suponiendo en las fábricas, debemos comprobar lo que sucede en la cara interior de estas estancias (figura 4).

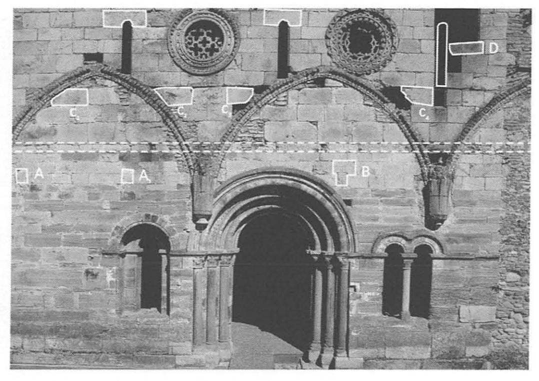


Figura 3
Fachada exterior de la sala capitular del ala oriental del claustro (dibujo autores 2013)

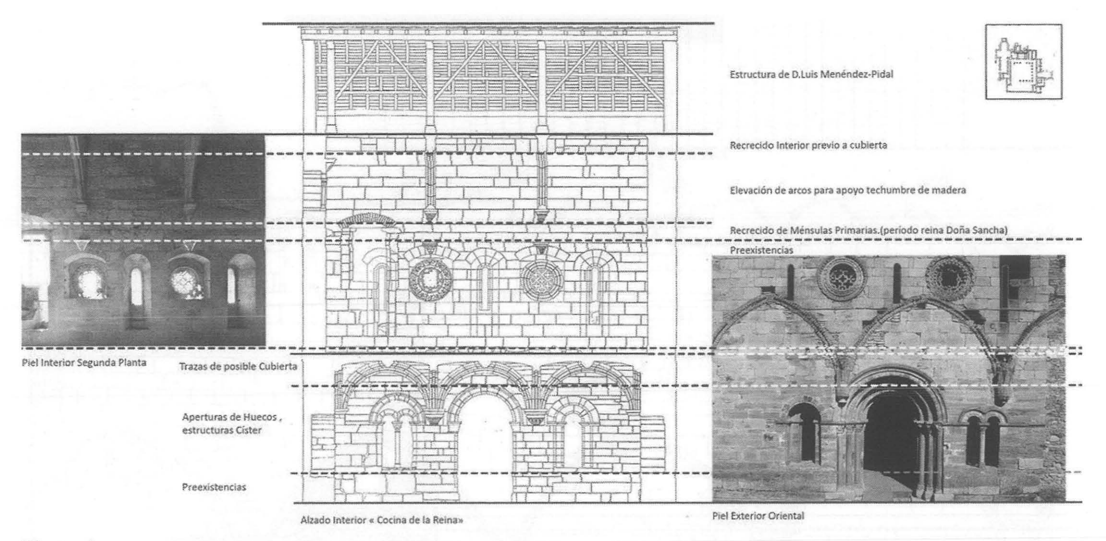


Figura 4
Sala Capitular y la «Cocina de la Reina». Correspondencias entre las hojas interior y exterior (fotos Diputación de León y dibujo de autores 2013)

La almendra central

Entramos al interior de la llamada Cocina de la Reina, cuyo suelo parece coincidir con la hilada o línea singular, exterior, que parecía rellenar una hilada vacía. El cambio de fábrica exterior, se manifiesta también al interior, y donde termina esta zona, y a ejes de los rosetones, se sitúan dos ménsulas.

Sobre ellas, y a una altura similar a la de las basas de las columnas sobre las que voltean los arcos de piedra, aparecen otras ménsulas sobre las que apoyan estos. Esta estancia ¿estuvo primero abovedada? Y después ¿se elevó y se colocó la techumbre de madera de la que existen restos en el Museo de San Marcos de León?

Y seguimos recorriendo los muros del perímetro, desde el interior de esta estancia, examinando el muro perpendicular al claustro, hacia el sur, entendiendo que lo que hoy observamos desde el interior, constituyó un muro exterior (figura 5). Es decir la

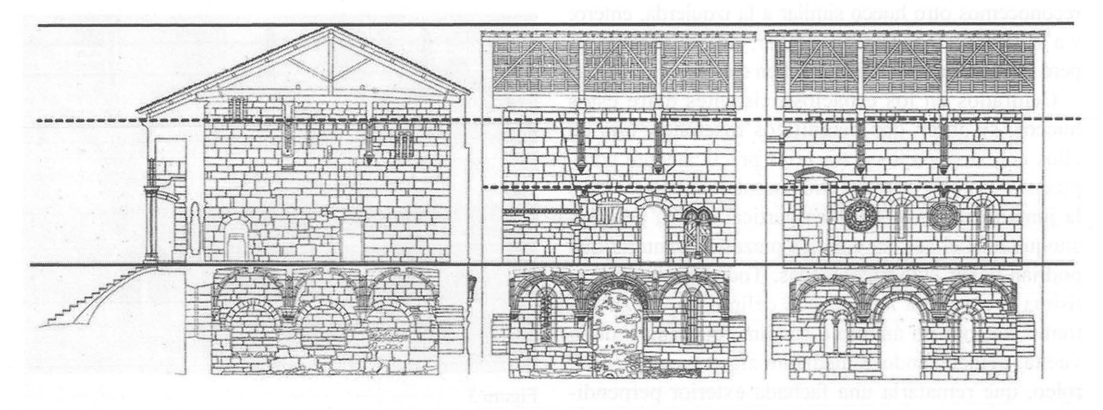


Figura 5
Correspondencia entre alzados interiores (dibujo de autores 2013)

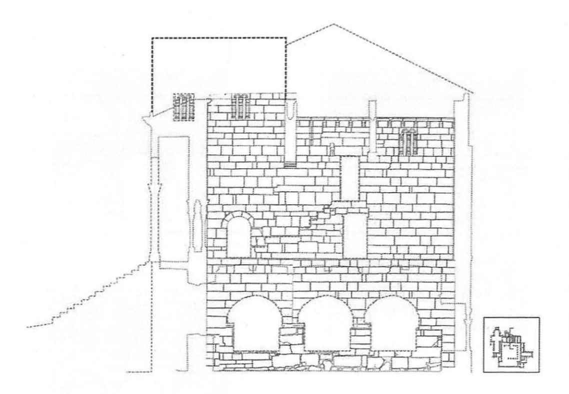


Figura 6
Alzado sur de la llamada Cocina de la Reina: Interpretación del alzado prerrománico (dibujo de autores 2013)

llamada Cocina de la Reina, (a esa altura) se adosó al muro exterior ya existente.

Exterior de un espacio torreado, con remates superiores a dos niveles, donde se observa una línea de canecillos, más baja hacia que el claustro, que hacia la zona de galería, al exterior. La construcción es relativamente homogénea, abriéndose en su zona superior dos huecos o ventanas partidas, con arquitos de medio punto y capiteles arcaizantes (figura 6). Estas fábricas podrían corresponder a una antigua construcción prerrománica, ¿restos de la quinta real?

También se observan restos de una posible escalera, que finalizan en un hueco cegado. A nivel de pavimento interior, se abren sendos huecos, uno es

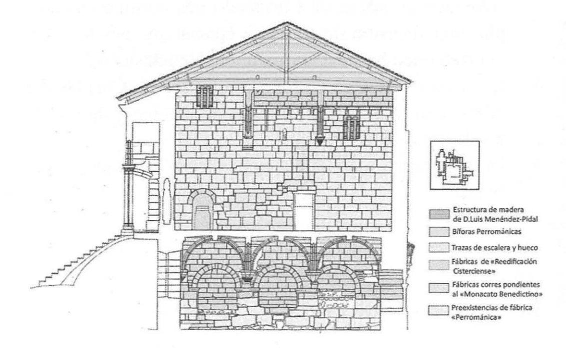


Figura 7
Sección transversal del ala oriental por la llamada Cocina de la reina: lectura de superposiciones de fábricas (dibujo de autores 2013)

la puerta que da fin a las escaleras de gran pendiente que desembocan en el llamado Oratorio, y el otro, muy dañado, se abre a la sala abovedada (figura 7).

Esta sala actualmente ocupa en la planta superior parte de dos espacios abovedados que se abren perpendicularmente a la fachada al claustro reglar, constituyendo el pasaje y el locutorio; obligados en la organización en planta de los monasterios cistercienses. Las bóvedas corresponden a un sistema constructivo más correcto que el descuidado muro que separa ambas estancias, donde resaltan elementos que podrían haber correspondido a pilastras (figura 8).

Junto al pasaje y locutorio, hacia el norte, se sitúa la Sala Capitular, en cuyos muros laterales, las fábricas parecen haberse desgarrado, para dar lugar a la formación de unos nichos o arcosolios. La piedra utilizada, junto con el sistema constructivo, parece obe-

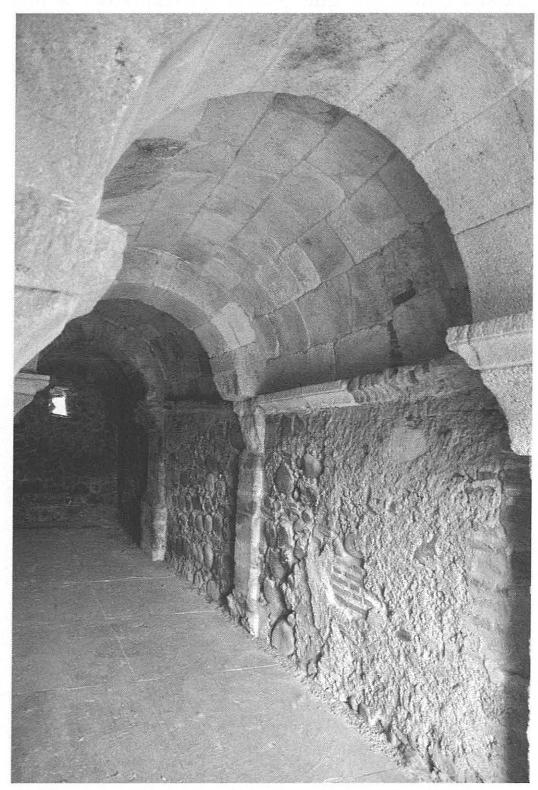


Figura 8
Interior del Pasaje (foto Diputación de León)

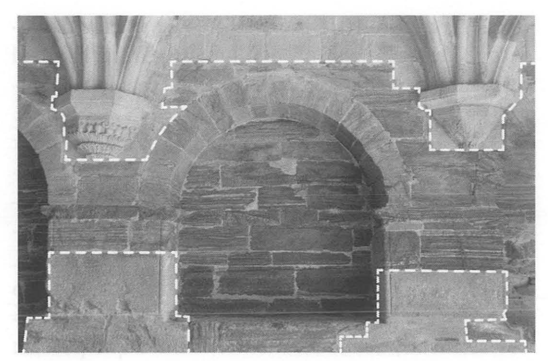
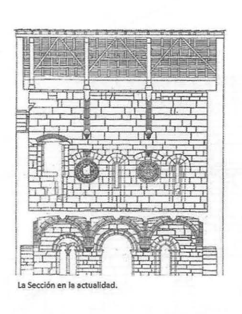


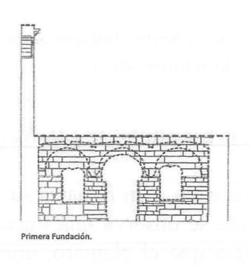
Figura 9
Hoja interior del muro sur de la Sala Capitular (foto Diputación de León)

decer a la misma fase de inserción de la portada, en relación con la regla del Císter (figura 9). Por encima de sus bóvedas, se alza la fachada antes exterior, que hemos entendido que podría corresponder a una construcción más antigua, reutilizada.

Conclusiones

Es evidente que estamos ante unos restos, unos elementos arquitectónicos, que parecen anteriores a la fecha de la «refundación» del monasterio y a su transformación Cisterciense bajo la regla de San Bernardo, pasando su advocación, de San Salvador a Santa María. El actual monasterio es un conjunto muy complejo, lleno de incógnitas, pero donde precisamente el abandono sufrido durante muchos años puso en evidencia la existencia de multitud de pieles, que al ir dejando paso unas a otras, facilita su lectura. Esperamos continuar en ello, para si es posible, buscar ese fruto de la almendra, tantas veces nombrado pero nunca encontrado, que sirvió de núcleo generador de todo este recinto monástico (figura 10).





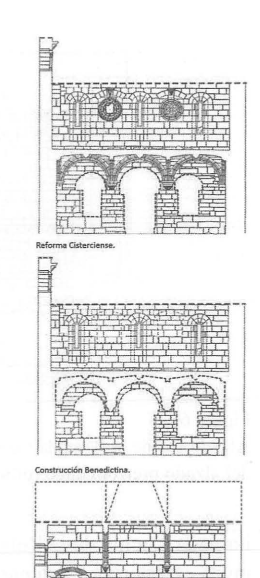


Figura 10
Interpretación de la evolución constructiva del alzado interior este de la «Cocina de la Reina» (dibujo de autores 2013)

Notas

1. Veremundo o Bermudo II el Gotoso, era hijo del rey de León Ordoño III.
2. Esta fecha, basada en el documento de fundación redactado por Vampiro cronista de la monarquía leonesa, ha sido aceptada por autores como el P. Florez, el P. Yepes, Don Emilio José Prieto y fray Justo Pérez de Urbel. El P. Cocheril adelanta la fundación al año 984, y D. Augusto Quintana la retrasa a 992.
3. A. Quintana Prieto se refiere así al monasterio, «La arruinada grandeza de Carracedo nos permite contemplar una sucesión de estilos y épocas que nos llevarán del románico hasta el Barroco y el Neoclásico».
4. Los legajos de archivo, en especial los de Cuentas del AHN, dan fe del cambio de denominación y de uso de las distintas estancias.
5. El documento más fiable, es el propio edificio, sus fábricas.

Lista de referencias

Actas. 1990. *Actas del Congreso del Monacato Berciano*. Ponferrada: Instituto de Estudios Bercianos.

Archivo Diocesano de Astorga. *Cartulario del Monasterio de Carracedo*. Manuscrito.

Archivo Histórico Nacional. Sección Clero. Pergamino 1.251 carpeta 831.

Archivo Histórico Nacional. Sección Clero. Papeles 24.legs., sign.2.515-30.

Archivo Histórico Nacional. Sección Clero. *Libro de Obras* 1781-1835, sign.4.821

Archivo Histórico Nacional. Sección Clero. *Libro de Caja.*1824-1835, sign.4.805

Bravo, Miguel. 1907. *Documentos curiosos: colección de privilegios, cartas, escrituras, apeos, inventarios, relaciones y otros documentos antiguos, interesantes para la historia de León.* León.

Cocheril, M. P. 1964. *Los cistercienses en la península ibérica.* Anuario de estudios Medievales.

Dimier, A. 1949. *Recueil de plans déglises cisterciennes.* 2 vol. Grignan: Paris.

Durany, M. 1989. *La región del Bierzo en los siglos centrales de la Edad Media 1070-1250.* Universidad de Santiago.

Goutagny, E. 1963. *Lábbaye de Carracedo et son affiliation a l'ordre de Citeaux.* Citeaux, 14.

Lekai, L. J. 1987. *Los cistercienses. Ideas y realidad.* Barcelona.

Losada Carracedo, J. 1908. *Los monasterios del Bierzo.* La Coruña.

Martín, E. 1953. *La entrada del Cister en España y San Bernardo.* Cistercium, 28

Mora Alonso-Muñoyerro, S. 2005. «Un monasterio cisterciense en El Bierzo». *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Cádiz.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Pérez Embid, J. 1986. *El Císter en Castilla y León. Monacatos y dominios rurales (s.XII-XV).* Salamanca.

Pérez de Urbel, Fr. J. 1934. *Los monjes españoles en la Edad Media.* Madrid: CSIC.

Pérez Arroyo, S. y S. Mora. 1987. *Proyecto de restauración del monasterio de Carracedo.* León.

Prieto, E. J. 1916. *Datos para la historia de Carracedo.* 2 vols. Archivo Diocesano de Astorga. Manuscrito. (sin sign.)

Puyol, J. 1929. *El Monasterio de Carracedo.* Madrid.

Quintana y Prieto, A. 1968. *El obispado de Astorga en los siglos IX y X.* Astorga.

Quintana y Prieto, A. 1977. *El obispado de Astorga en el siglo XI.* Astorga.

El puente del Cardenal (Cáceres) y su historia arquitectónica

José Alberto Moráis Morán

Erigido entre la ruta que desde la Antigüedad unía las localidades de Trujillo y Plasencia y obra de ingeniería esencial en el paso del río Tajo, el llamado puente del Cardenal puede considerarse como una de las estructuras tardo medievales más relevantes del panorama arquitectónico extremeño (Santos 1986). Pocos datos fiables se conocen a través de las fuentes documentales del periodo medieval y fueron los autores que transitaron por Extremadura durante los siglos XVII al XIX los que acabaron por reunir toda una serie de noticias que se perpetuaron hasta la actualidad y que informan tanto de la comitencia del puente como de su fortuna a lo largo de los siglos. Las siguientes páginas intentarán aportar datos[1] que permitan demostrar que la obra fue proyectada a finales de la Edad Media por el cardenal placentino Juan de Carvajal (1400-1469) y, asimismo, reflexionar sobre su construcción y las sucesivas tentativas de reformas de las que fue objeto hasta el mismo siglo XIX.

La comitencia de un puente medieval

Una de las primeras autoridades que se refirió al puente y su patrocinador fue Antonio Ponz, allá por el año 1784, ofreciendo ricos datos que, sin titubeo, adjudicaba al citado prelado de Plasencia. Para su construcción, según informa, tuvo que transportarse desde Malpartida (Cáceres) la piedra fina de cantera «que llaman de los Cinco Hermanos», identificando incluso, en la subida al puerto de la Serrana y las Sierras de Guadalupe, «un trozo de calzada antigua de grandes losas» que Ponz señala como la vía utilizada para el traslado de materiales (Ponz 1784, 94, 128-129, 151). Se trata de la misma cantera que identificó perfectamente Alexandre Laborde, maravillado por el granito que de ella extrajeron los habitantes de Malpartida de Plasencia para la construcción de la villa (Laborde 1808, 360). Sin duda una noticia valiosa que ofrece idea de las dificultades en la construcción de este tipo de estructuras, y donde entraban en juego otros factores relacionados con la proyección y acondicionamiento de una funcional red de caminos que desembocaban en el puente.

La figura del comitente eclesiástico apuntado por Ponz, el cardenal Juan de Carvajal, alcanzó una reputación indudable en el panorama del mecenazgo de obras públicas y de ingeniería de la Extremadura medieval. De su creciente fama se hicieron eco no sólo los viajeros y eruditos hispanos. El ambiente inglés victoriano consideraría los proyectos del cardenal y sus labores de reparación de obras públicas, caminos y puentes, como un «acto de misericordia» tal y como lo califica el viajero inglés Richard Ford (Martín 2002, 157-160).

Juan de Carvajal debió nacer en Trujillo en torno al año 1400 y murió en Roma el 6 de diciembre de 1469, ciudad en la que prácticamente había pasado toda su vida como legado de la Santa Sede. Entre los años 1441 y 1448 se ha documentado su vertiginosa actividad político-eclesiástica que le llevó a realizar

múltiples viajes a Alemania o Hungría. Fue posiblemente en diciembre de 1446 cuando recibió la dignidad de cardenal de Sant'Angelo, mientras que su legación postrera se ha documentado en Venecia, en torno al año 1466. Fue enterrado en la iglesia de San Marcello *al Corso* de Roma, donde descansa en el monumento funerario erigido por mandato del cardenal Basilio Bessarion (1403-1472) (Pastor 1894, 131-135; Hack 1999, 88-100, Tani 2005, 48).

Ponz no duda en adjudicar la obra a la comitencia eclesiástica del obispo medieval. Su *Carta Séptima* resulta prolija al respecto pues en ella se señala que la obra, de cinco ojos, resistente y de buena construcción, se levantaba en la confluencia del Tajo y el Tiétar. Tenía estribos redondos que no alcanzaban hasta las acítaras, comparables, nos dice, con los del puente de Toledo en Madrid. Ponz ya insistía en el lomo del puente y la complejidad geográfica de este paso, especialmente cuando las avenidas de los citados ríos, arrastrando árboles, provocaban el enrasamiento de los ojos del puente. La fuente documental es muy explícita al señalar que «El año de 1737 sucedió un mal de fácil remedio al penúltimo ojo, viniendo de Truxillo para acá; y pudiéndolo haber compuesto Plasencia con mil reales, no lo hace; pues solo se llevó, sin tocar en los arcos, las losas del pavimento; pero esto ha sido causa de hacerse allí un hoyo, y pisando las gentes, y las caballerías en las mismas claves, necesariamente ocasionarían su ruina sin pasar gran tiempo» (Ponz 1778, 153-155).

La noticia revela que, pese a los desperfectos provocados por las riadas y la destrucción del enlosado que dejó las bóvedas al raso, el puente del Cardenal no debía presentar mayores desperfectos. Sin duda Ponz ofrece un documento descriptivo excepcional, pues vio la obra antes de su restauración, y constató la presencia de una inscripción, hoy perdida y que el erudito transcribe a partir de los datos dados por José Alfonso de Roa. En ella se podía leer: SERVILO.../ CORCOR.../ F. AN. XXX.../ H. S. E.../ AMOEN .../ A. F. C.

Apenas diez años después, la adjudicación del puente al obispo medieval se ha convertido en un tema asimilado y recurrente prácticamente en todos los escritos. Sirva de ejemplo la mención del año 1895 de Antonio Vegas quién señala que «Este célebre puente le costeó el cardenal Don Juan Carvajal» (Vegas 1895, 177). Pero este hecho no fue privativo de las fuentes modernas y decimonónicas. En el mismo siglo en el que vivió el prelado sorprende encontrarlo bajo la pluma de uno de los humanistas más importantes de la España del siglo XV. Hernando de Pulgar (1436-1493) ya señalaba: «Otrosí por escusar el daño grande que conocio recrecer a todas las gentes que passavan el rio de Tajo cerca de la ciudad de Plazencia movido con herviente caridad hizo a sus grandes spensas la puente que oy alli está edificada, que se llama la puente del Cardenal, edificio muy notable» (Del Pulgar 1670, 26; Gómez 1947, 92).

Datos tan explícitos como este, cronológicamente coetáneos a su figura, deberían desacreditar finalmente todas aquellas voces que dudaron del papel promotor de Juan de Carvajal con respecto al puente cacereño.

Los letrados del siglo XVI insisten en el tema. Diego de Hinojosa de Vargas, cronista de Trujillo, señala en 1550 la estrecha relación que unía al cardenal con el noble Juan de Rodas, indicando que con sus rentas se había levantado el puente del Cardenal, así como otras grandes obras (Muñoz 1952, 41-60; Aguilar 2007, 32).

Como decíamos, la crítica decimonónica encumbró todos estos datos y los convirtió en referentes indudables de la personalidad comitente del cardenal. Para Llaguno y Amirola el obispo de Plasencia habría sido el gran benefactor de la obra, constatando el hecho a través de una vida manuscrita, conservada en la Biblioteca Real de Madrid, compuesta por el bachiller Diego Martínez, clérigo del conde de Nieva, fechada el 25 de marzo de 1571 donde se señalaba: «Hizo la puente sobre el Tajo, que llaman del Cardenal. Llevaban la piedra de Cincohermanos a seis o siete leguas; y representándole estas dificultades, y que no había dineros, respondió desde Roma, que desde allí se la enviaría si era necesario» (Llaguno 1828, 109). Resulta significativa la alusión en el texto de Llaguno a la copla del caballero de Torrejón Garci López de Carvajal que según transcribe cantaba: «Vos D. Joan de Carvajal/ Quién por gran virtud y ciencia/ Os vimos ser cardenal/ Del título angelical/ Y prelado de Plasencia/ Y em el puerto dó arribastes/ Cuando a los turcos vencistes/ Esta real puente obrastes/ Por do se cree pasastes/ Al cielo que merecistes» (Llaguno 1828, 109; Soler 2008, 418).

Andando el tiempo, nuevos datos sobre el puente los aporta otro personaje culto de la España decimonónica y buen conocedor de la historia de la Extremadura medieval. Para Manuel María Rodríguez

Valdés (Rodríguez 1842, 334), Juan de Carvajal era hijo del corregidor de Plasencia, Juan de Tamayo y Doña Sarra de Carvajal. Se había formado en Salamanca. A partir de los datos tomados del cardenal Jacobo Papieri, señala que había sido veintidós veces legado y encomendado de la abadía de Santa María de Moreruela. Aporta noticias nuevas sobre su largueza ante la diócesis placentina indicando que «regaló a su iglesia algunas piezas de plata muy ricas, y ornamentos de brocado». En cuanto a la piedra con la que se construyó el puente, se concreta que provenía de Robledo «a seis leguas de distancia, y de la dehesa de arriba de Malpartida, no lejos de Gargüera (de la Vera), por no ser a propósito la de las sierras inmediatas. Se tuvieron que romper sierras asperísimas para poder conducir los carros con la piedra, costando todo cuantiosísimas sumas» (Rodríguez 1842).

Estas apresuradas pinceladas biográficas sobre la figura del prelado deben completarse a través del clásico estudio de P. Lino Gómez Canedo (Lino 1945), obra de referencia sobre la dimensión política y cultural del personaje (Rodríguez 1947).

A pesar de la claridad de las fuentes documentales que se inician desde el mismo siglo XV y que no dejan lugar a dudas sobre la comitencia del obispo placentino, algunos autores han dudado de la veracidad de estos hechos. Se aludió en este sentido al eclesiástico de Malpartida, Francisco Carvajal como su verdadero patrocinador, mientras que otros autores defendieron que el puente lo había construido Bernardino de Carvajal, hijo del señor de la Villa de Torrejón, don Francisco López de Carvajal y su esposa Aldonza de Sande y que pertenecería igualmente a la saga del mismo apellido. Sin embargo, las fuentes a las que hemos aludido no parecen avalar estos supuestos.

Un largo proceso de tentativas reconstructivas en los siglos XVIII y XIX

Hasta donde conocemos son pocos los datos seguros que aporta la documentación medieval sobre el proceso constructivo del puente y su funcionamiento. En todo caso, al menos desde el año 1492, si no antes, este se encontraba en pleno ejercicio pues conocemos la noticia donde los Reyes Católicos solicitaban al juez de términos de Plasencia un informe sobre los derechos en el cobro del portazgo por el cruce del río Tajo en este punto. Sabemos además, y ello delata que posiblemente una década antes ya estaba construido, que los derechos de portazgo sobre el puente durante el siglo XVII eran propiedad del conde de la Oliva mediante un privilegio que se remontaba a la época de Enrique II de Trastámara (1333-1379) (Cadiñanos 2003, 138; Soria 1986). Y es que en época del monarca los puentes y caminos fueron objeto de legislación, cuando en noviembre de 1369 revoca todos los privilegios de donación de rentas sobre alcabalas, portazgos, almojarifazgos y otros tributos. Según se ha estudiado su reinado se caracterizó por la construcción de puentes donde fuese necesario y de que no se cobrasen portazgos indebidos (Porras 1992, 180).

En este sentido, el *Libro de Ordenanzas Municipales* de la Plasencia medieval editado por Gloria Lora y que posiblemente se remonta a mediados del siglo XV denomina su título XXIX como *De la Puente del Cardenal*. Se trata de una ordenanza valiosísima en cuanto nos indica exactamente la naturaleza de los desplazamientos por este puente y los pagos que debían sufragarse por su utilización. La fuente constata el paso de ovejas cabañiles, carneros, cochinos y vacas (Lora 2005, 235-236).

De la morfología que presentó la estructura medieval nada sabemos a través de la documentación y poco se puede afirmar con seguridad teniendo en cuenta la serie de reformas que se acometieron sobre el puente del Cardenal, especialmente en el siglo XIX. Al contrario, las fuentes dieciochescas son prolijas.

En apenas dos años, entre 1737 y 1739 conocemos el estado ruinoso de la obra. Ponz informaba en la primera fecha de una gran avenida que había dañado el último ojo, viniendo desde Trujillo. Insistía el autor en la calamitosa situación del enlosado que había dejado las claves al aire. A ello habrán de sumarse los conflictos bélicos con Portugal acaecidos precisamente en esas fechas que intentaron un corte del paso que nunca llegó a materializarse, actuando principalmente en el arco central del puente que intentaron desmoronar mediante el desencajo de las claves (Cadiñanos 2003, 138). Evidentemente será este arco central el objetivo habitual en los intentos por cortar la circulación en los tiempos de guerra.

La documentación de ese año 1739 indica como el corregidor de la ciudad de Plasencia, representado por

Pablo Antonio Becerra, insistía en el desastre que amenazaba al puente, y la imposibilidad de continuar cobrando el portazgo que pertenecía, señala el documento, al conde de la Oliva (AHN, Consejos, leg. 79.29): «que la puente que dizen del Cardenal, que esta sobre el rio Tajo... su fabrica es toda de piedra de cantería labrada y parece que en la guerra proxima pasada con Portugal se intento por los enemigos cortar este puente con efecto del arco de en medio se desencajaron las dos piedras que hazían clave en sus extremos... así las dos piezas de las claves del arco las hecharon en el rio... el piso se sufre sobre las piezas de la bobeda de manera que haze ondura». Solicitándose entonces «los reparos de que necesita y se deben hazer para su conserbación», y remarcando su relevancia como único paso, junto con el puente de Almaraz, en la comunicación con Ávila, Salamanca, Zamora, Toro, Valladolid, Segovia y Peñaranda. La documentación moderna no cesará de reiterar la preminencia del puente como hito fundamental del Camino y la Cañada Reales, paso esencial en el cruce de puertos de montaña y unión con Malpartida de Plasencia y la Villa de las Corchuelas, sin población alguna en ese trayecto donde se «experimentan frecuentes robos e insultos... que desde Andalucía y de los partidos desta Provincia (como son los de Truxillo, Medellín, La Serena, Merida, Badajoz, Zafra y Llerena que lleban a las Provincias de Castilla; con todos los generos de azeite, pescados, azeitunas, frutas de espino, vinos, y granos» (AHN, Cons. Leg. 79-2).

Pero a pesar de su relevancia viaria en la articulación del territorio, tanto castellano como extremeño, lo que la documentación revela de manera sistemática son los esfuerzos fallidos por actuar sobre el puente y aquellos desperfectos que por entonces dificultaban su mantenimiento en pie. Un proceso que se dilató más de un siglo y cuyos sucesivos proyectos de restauración llegarán a contar con la participación de, al menos de los que tengamos constancia, más de nueve arquitectos, alarifes e ingenieros.

En 1739 se encargó a dos arquitectos realizar la valoración de los costos de la reparación del puente para su conservación, calibrar el estado en el que se hallaba y convocar la subasta pública para que «formen traza, planta y conclusiones y conforme a ellas tasen y aprecien su coste» (AHN. Cons. Leg. 79-2). Las fuentes revelan la contratación de los arquitectos Juan Gómez Rebuelta, de 38 años y vecino de Torrejoncillo e Ignacio Lordelo, de 28 años y natural de Coria, «los mejores maestros de esta Provincia» (AHN, Cons. Leg. 79-2, fol. 33). A este último debemos el diseño del puente realizado por estos años (figura 1) (ARABASF 2-31/7; Cadiñanos 2003, 141).

El reconocimiento, realizado el 1 de julio de 1739 puso de manifiesto, entre otros daños, la «falta por la parte de oriente de donde viene el rio ocho piedras del arco del medio de los cinco que tiene esta puente y por la parte de poniente le faltan así mismo alrededor de seis piedras y también las losas corres-

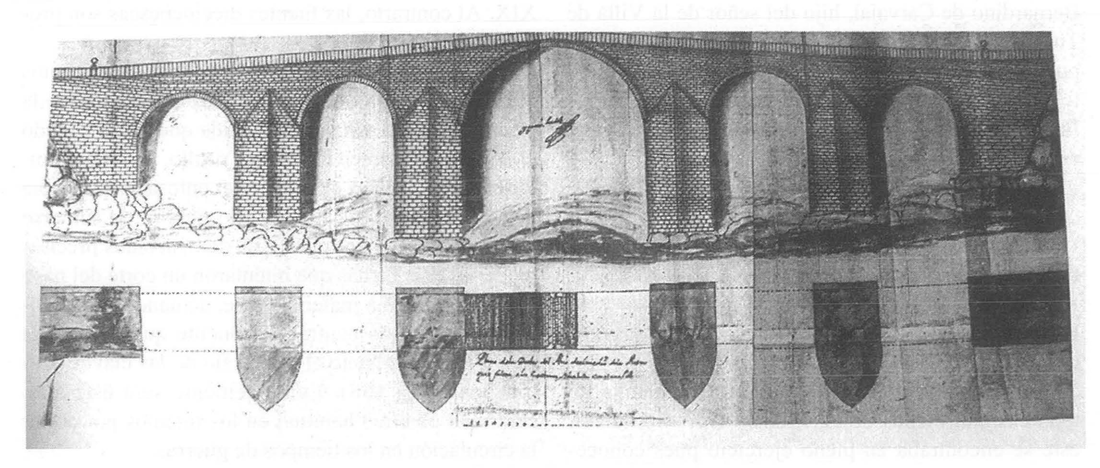


Figura 1
Puente del Cardenal en 1739 (Lordele 1739)

pondientes a cuatro baras de ancho … seria muy combeniente poner a esta puente azítaras de pizarra y cal».

El problema fundamental al que se enfrentaron los constructores medievales y los reconstructores modernos fue la falta de piedra de calidad en las áreas cercanas al puente. La documentación revela que ese año se planteó un traslado de material en barco, descartándolo rápidamente por lo costoso de tal operación. Esa fue sin duda una de las razones por las que todos los proyectos sietecentistas concibieron las acítaras de pizarra y cal, antes que sillería, pero cuya decisión no estuvo exenta de cierto conservadurismo y fidelidad hacia la forma que habían tenido los antepechos destruidos: «acítaras de pizarra y cal, como antes tenía según sus vestigios lo manifiestan y será a la menos costa por estar la pizarra proxima pues en este territorio no se encuentra cantería a propósito para hacerlas de ella, ni caminos para conducirla» (AHN, Consej. Leg. 79-2.3, fol. 5). Se tasaron estos primeros trabajos sobre el puente en 8.000 reales. Un capítulo aparte merecería el análisis del proyecto de reconstrucción de dos ventas anexas al puente, que las fuentes consideran elementos fundamentales en el funcionamiento de la estructura y que se tasaron en 12.702 reales. Se especifica igualmente la gestión y obtención de los recursos económicos destinados a estas obras y la «obligación que tubiese el Conde de la Oliba de constribuiese a los gastos de la enunciada obra» (AHN, Consej. Leg. 79-2.3, fol. 5).

No cabe duda que, a la luz de estos presupuestos en los que el grueso de los gastos se los llevaba las dos ventas, el puente del Cardenal no necesitaría más que una intervención de corto alcance que afectaba a los pretiles, el arco central y otros pequeños desperfectos. Ello hace difícil explicar el estado de total abandono que señalan las fuentes en torno a ese año 1739 donde ya se ordenaba que «se cortase la higuera que está nacida en las juntas de las piedras» (AHN, Consej. Leg. 79-2.3).

Un año después ninguna obra de las proyectadas se había realizado. Es más, otro documento alerta de los nuevos daños aparecidos en 1740. Las lluvias y la crecida del Tajo habían hecho el puente impracticable. Dos nuevos arquitectos, Fabián Hernández, vecino de Torrejoncillo, y Francisco Monrrovel Rebuleta fueron enviados a reconocer los nuevos daños, que continuaban afectando al piso (AHN, Consej. Leg. 79-2.3, fol. 65).

Resulta paradójico que tras los reconocimientos de los trabajos a realizar y su tasación tampoco aquí se hiciese obra alguna. Surge entonces la iniciativa, potenciada desde las autoridades placentinas, de proyectar un «nuevo puente sobre el río Tietar a las Barcas de Bazagona situado en el camino que desde Madrid va a la ciudad de Plasencia», según documento del año 1778 (AHN, Consej. Leg. 1870-14).

Se trata de un nuevo factor a tener en cuenta, pues resulta imposible comprender el dilatado proyecto de actuación sobre el puente del Cardenal sin analizar la construcción de este nuevo viaducto en la antigua venta de la Bazagona. Ambos proyectos se enlazan en la documentación, entendiéndose como claros hitos en la articulación del territorio extremeño. El primero por su papel esencial en la comunicación de Plasencia y Trujillo, mientras que el segundo intentaba paliar la ausencia de un puente en las antiguas barcas de la Bazagona, paso ineludible que comunicaba la ruta que unía el Camino Real desde Madrid, Toledo y Navalmoral de la Mata con Plasencia. Y es que en 1779 los informes remarcan el objetivo fundamental de «evitar las muchas desgracias que ocasiona la barca por lo muy caudaloso del río», señalando «que el puente del Cardenal hace muchos años no produce cosa alguna».

Para el reconocimiento del lugar y el trazado de nueva planta en la Bazagona se contrata en mayo de 1778 a un maestro que habría de «elegir el sitio más estrecho y seguro para la solidez y facilidad de la construcción». No fue otro que Marcos de Vierna, cantero trasmerano muy activo en el territorio extremeño y que aparece como «maestro arquitecto vecino del Puente del Arzobispo».

Un año después aparece en relación con este proyecto en la Bazagona el maestro arquitecto Juan Antonio de la Puente Ortiz, cántabro igualmente (AHN, Consej. Leg. 1870-14). Se señala que «era vecino del lugar de Omoño, Junta de Ribamontán en las montañas de Santander», presentándose como artífice de obras, puentes y caminos desde hacía más de diez años, y citándose como obras suyas «la construcción del puente de Cordobilla la Real en la Provincia de Burgos (actualmente Palencia)… concurriendo Pedro de la Puente hermano de mi parte», dice el documento.

Resulta muy interesante comprobar como mientras que las obras de refacción en el puente del Cardenal fueron encargadas a maestros oriundos de Extremadura, para la proyección de una nueva obra hubo de

requerirse los servicios de los afamados canteros trasmeranos.

La importancia de Marcos de Vierna en multitud de obras realizadas en estas tierras durante el siglo XVIII viene avalada por el alto número de documentación histórica en la que aparece. Es más, su colaboración en el solar cacereño se rastrea fácilmente, por ejemplo cuando el citado De la Puente y Vierna colaboran en el informe sobre los aledaños del río Búrdalo y la proyección del puente de Miajadas. En el mismo sentido se ha estudiado ampliamente el papel de Vierna como protector de los dos hermanos trasmeranos, especialmente de Pedro de la Puente, al que se le atribuyen trabajos en los puentes de Guardo (Palencia), Casalareina (La Rioja), Cordavilla la Real (Palencia), Tordueles (Burgos) y Coca (Segovia) (González y otros 1991, 541; Sánchez 1989).

Pero el proceso de obra en la Bazagona fue muy lento. Otro arquitecto, Patricio Núñez, es requerido para realizar una nueva inspección en el lugar con el objetivo de localizar una ubicación adecuada para el nuevo puente, nuevamente bajo la inspección de Vierna. Son escuetas las informaciones contrastadas del arquitecto Patricio Núñez pero conservamos, entre otros, un plano del puente del Arzobispo sobre el río Gévalo (Toledo), firmado en el año 1779 (AHN, Consejos plano 1.175). De hecho en el proceso de reconocimiento y levantamiento de planos para las obras en Extremadura, el arquitecto figura como vecino de Puente del Arzobispo.

Núñez informa cumplidamente de la idoneidad del emplazamiento elegido en el lugar llamado de Calizo y el vado de la Otaza, lindante con Fresnedoso, y la Dehesa de los monjes de Yuste. Así las cosas es posible que los esfuerzos se enfocasen hacia el nuevo puente de la Bazagona, mientras que, inexplicablemente, los limitados y concretos trabajos en el del Cardenal fueron posponiéndose siempre. Es más, mientras que los antepechos de este último fueron concebidos de pizarra debido al alto coste del transporte de materiales, para la obra de la Bazagona no se escatimó en la estimación de gastos. El nuevo puente se realizaría en cantería «que toda la sillería para esta obra se hace sacar de las canteras de berroqueña de la mejor calidad y en particular para los zócalos la misma que se hallan en la Dehesa de Malpartida... la cal de Cáceres pues es de la mejor calidad que hay en esta tierra... la madera para cimbras, andamios, planchas y un cubierto para refugio de los operarios... ha de ser de los pinares de dicha Bazagona». Se planifica su levantamiento sobre la roca viva del río excavando hasta «encontrar con lo vivo de la peña... apartando la mucha arena que hay sobre ella», sobre la que se asentarán tajamares y estribos semicirculares, dice el documento, de un puente que habría de ser de nueve arcos, con ocho pilares. «Sobre las cepas sillares de cantería, zócalos en los tizones, bóveda de cañón, desaguaderos en los extremos, enlosado... con el conocimiento de ponerle más alto en el medio... para la vertiente de sus aguas por los canalones de piedra que se dispondrían dos en cada arco por ambos costados, rampas de acceso en cada entrada fundamentadas sobre la peña» (AHN, Consej. Leg. 1870-14).

En el mismo expediente que planifica la construcción de un nuevo puente y dos ventas en Bazagona, se recogen las condiciones relativas al antepecho del puente del Cardenal así como la mejora del camino de acceso, remarcando lo costoso de los trabajos que ascendían 450.000 reales. El antepecho o pretil se construiría en pizarra, cal y arena «con la trabazón interior y exterior que el arte pide, revocada, falseada y fingida de cantería generalmente por todos sus costados a imitación del puente antiguo... bien que de cantería sería mucho más durable, pero de mayor costo con el inconveniente de ver el camino intransitable para el carruaje que precisamente había de conducir este material». Se barajó la posibilidad de sustituir el pretil por uno de metal, más costoso pero finalmente se decide usar solo este material: «buena losa de pizarra... sujetas con grapas de yerro, emplomadas por la mayor seguridad y duración». El costo total era de 30.624 reales. En realidad, como veremos, esta concienzuda planificación de un detalle menor como el que supone un antepecho, más aún cuando tenemos constancia que las claves del puente estaban al aire y algunas dovelas del arco central caídas, nunca llegaría a realizarse. El documento fue firmado en Puente del Arzobispo, el 12 de septiembre de 1778 por el arquitecto Patricio Núñez, elegido por Marcos de Vierna.

Pero la valoración del proyecto de Núñez fue más compleja aún y acabó por dilatar más el proceso. En 1781 se indica que los planos realizados por el arquitecto que debían ser revisados por el comité se habían extraviado, solicitando que se remitiese un duplicado. Una tardanza que queda bien reflejada de puño y letra por el arquitecto quién declara: «no extrañen

ustedes la tardanza en remitir los diseños pues no ha podido ser otra cosa respecto de una enfermedad que he padecido que me ha tenido postrado en cama tres semanas». Con este motivo se le encarga que «vuelva a formarlos, por haverse extraviado... pero no puedo ver a causa de hallarme convaleciente de una enfermedad». Finalmente el 23 de junio de ese año remite los nuevos planos: «presenté originales dentro de una cajoncito de madera» (AHN Consej. Leg. 1870-14).

Nueve años más tarde ni el puente del Cardenal había sido intervenido ni traza alguna se había materializado en la Bazagona. En este punto resulta importante la presencia del obispo placentino José González Laso de la Vega (1766-1803) y la contratación del alarife Fernando Rodríguez quién informa sobre el lugar que llaman chozas de Naveta o el Sotillo «en donde se advierte que todo el suelo del río, desde una orilla a otra es de firme», como emplazamiento idóneo para erigir el puente de la Bazagona. Se presupuesta, otra vez, detalladamente todos los trabajos, desgranando costes de materiales y mano de obra, tanto para el puente como para la venta próxima. No podemos detenernos, por lo limitado de este espacio, en señalar la relevancia del obispo González Laso y su impecable actuación en el mantenimiento y reconstrucción de ciertas estructuras públicas en Extremadura. Pero en relación con las vías que transitaban por el puente del Cardenal hay que mencionar la financiación del acondicionamiento del camino que unía Plasencia y Torrejón el Rubio, aplaudido ya por Ponz (Ponz 1778, 155; Barrero 1998, 173).

Finalmente, un último arquitecto aún realizaría su propuesta para este proyecto en la Bazagona. Se trata de Juan Rigueros que aparece en la documentación sin aportar grandes novedades a lo ya dicho (Cadiñanos 2002, 140).

A pesar de los magnos intentos de proyectar la obra y la disparidad de opiniones, ambos proyectos fueron desestimados por la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, que ante el trazado de Rodríguez muestra «desconfianza de su firmeza... la regulación que hace del total de la obra, baxa mucho de la suma que supone Nuñez y una mitad de la de Biesca... cosa ridícula el hacer palacios magníficos en un despoblado que por lo común solo le habitan arrieros... no alcanzan los fondos a cubrir las galanuras y el luxo... no es el nuestro aprobado por la Academia.... para los caudales de esta obra tropieza con graves dificultades... La Academia ha advertido que las demostraciones de estos planos carecen de los preceptos constructivos del Arte: que el excesivo numero de cepas o tajamares detendría las corrientes con prejuicio considerable del puente: y que faltan la demostración de sus entradas y de sus cimientos y el perfil de nivelación del lecho del Rio y de los terrazos... Por lo qual se abstiene la Academia de producir su dictamen, hasta que el todo vuelva a nueva censura bien demostrado y explicado con la debida inteligencia... en relación al proyecto del referido maestro de obras D. Fernando Rodríguez».

La última palabra de la Academia también fue para el puente del Cardenal donde se especifica en el dictamen de 1799: «si le pusieran acítaras... basta

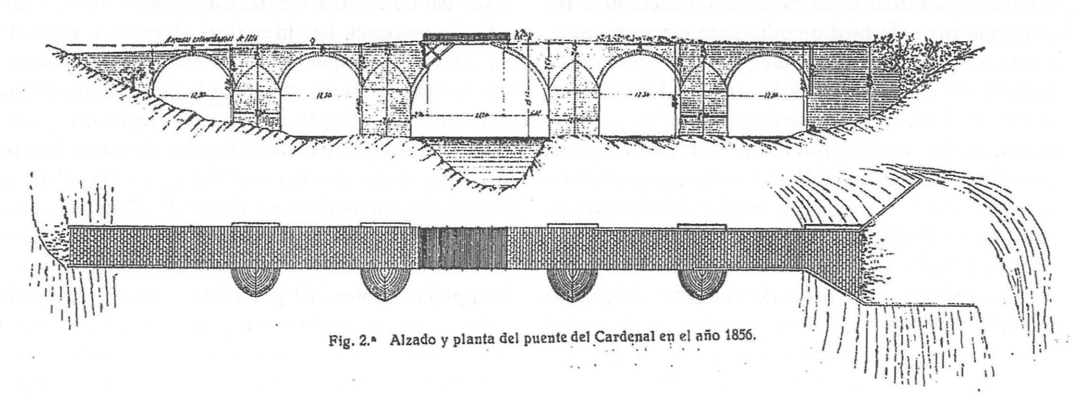

Fig. 2.ª Alzado y planta del puente del Cardenal en el año 1856.

Figura 2
Puente del Cardenal en 1856 (Machimbarrena 1926)

que sean ligeras, y de poca costa. Empeñarse en hacer antepechos firmes lo juzgo arriesgado. Quanta mas resistencia encuentre el impulso del agua en la cabeza del puente, juzgo mas probable su ruina. Es mucha casualidad el que se junte a un tiempo la crecida del rio Tiétar y la del Tajo, que es la unica ocasión en que montan el puente». Este dictamen negativo de 1799 fue firmado por Bartolomé Núñez de la Real Academia de San Fernando y condenó al puente del Cardenal y al futuro paso de la Bazagona al más absoluto olvido.

Las noticias sobre las estructuras cacereñas reaparecen en plena Guerra de la Independencia, cuando sabemos que en el año 1808 ninguna obra se había realizado en la Bazagona, pues aún «Sir Roberto Wilson con la fuerza de su mando y los batallones que Cuesta le proporcionaría... cruzaría el ejército británico por la Bazagona el Tiétar, en que se había echado un puente provisional» (Queipo 1839, 22).

Paralelamente sabemos que ese mismo año el coronel Prieto ordena volar el arco central del puente del Cardenal ocasionándole, sin duda, el mayor de los daños que este había sufrido a lo largo de su dilatada historia. Conocemos el alcance de la destrucción a través del dibujo publicado en 1926 por el ingeniero de caminos Vicente Machimbarrena y Gogorza y que refleja su estado en 1856 (figura 2). De la comparación entre el diseño del setecientos realizada por el arquitecto Lordele (figura 1) y este último dibujo de mediados del siglo XIX se observa que la fisonomía de la obra medieval se había mantenido prácticamente intacta. Uno de los puntos más relevantes del puente y que con frecuencia se suele olvidar es el de su trazado alomado, prácticamente imperceptible en los cuatro arcos de medio punto exteriores pero que se acrecienta en la rosca del arco central, ligeramente apuntada tal y como refleja la vista de Lordele. En nuestra opinión, antes de su destrucción en 1808 el perfil del arco central mostraría un desenvolvimiento similar al que ofrece uno de los arcos del puente de Almaraz, coetáneo cronológicamente al del Cardenal e igualmente destruido durante la Guerra.

De las fuentes documentales generadas durante estos años bélicos cabe mencionar la carta dirigida al general Gregorio de la Cuesta, firmada en Fresnedoso del Ibor en 1809. En ella se observa la importancia vital del puente del Cardenal que «consta de 272 pies de largo y 12 de ancho, y está establecido sobre cinco arcos. El del centro se halla roto por los costados con dos cortaduras hacia los riñones y de tres pies de ancho, y sin guarda lados en esta parte, tiene algunos agujeros de barrenos y se hallan sentidas las dovelas de las citadas cortaduras. También se advierte otra cortadura en la cabeza del puente viniendo de Castilla, que cubre todo el paso excepto unos tres pies que ha quedado para el tránsito de las caballerías... Es muy importante la defensa de este punto así por que es la avenida de Plasencia a Truxillo, como porque cerrará la izquierda de la linea que debemos proponer para la defensa de la parte de Extremadura y que se comprende entre este puente y el del Arzobispo» (CGH 1809).

El dibujo del puente del año 1856 aún muestra el estado provisional de un paso de madera que salvaba el socavón y que debió durar poco tiempo para acabar hundiéndose «con el peso de una vacada» (Machimbarrena 1926).

La historia tantas veces truncada de la intervención sobre el puente del Cardenal llegaría a su fin tres años después, cuando en 1859 se encarga al ingeniero de caminos Baldomero Cobo la redacción de un proyecto definitivo, momento en que habría de resolverse la pública subasta de las obras, «del acopio y labra de la piedra de sillería necesaria para la construcción del puente del Cardenal» (Boletín 1859, 204). Cobo era el ingeniero destinado al distrito de Cáceres, como aspirante primero, siendo jefe Alejandro Millán, afamado en Extremadura por su intervención en la restauración decimonónica del puente romano de Alcántara (Guía 1859, 598; Rodríguez 1992). Bajo las directrices de Cobo se presupuestó ese año una nueva carretera que cruzase el río Tajo a través del puente del Cardenal (Memoria 1861, 134).

Serán entonces las directrices técnicas y estéticas del siglo XIX las que acabaron otorgando a la estructura su esencia clasicista, alejada ciertamente de los planteamientos constructivos medievales. Un punto fundamental del proyecto definitivo abordaba la problemática de las crecidas del Tajo y el Tiétar que al menos documentalmente desde 1727 provocaban «mayor riesgo quando enrasa con los ojos, por el empuje que en él hacen los grandes árboles, y vigas que suele traer» (Ponz 1784). Para solventar el problema Cobo intervenido drásticamente en los tajamares y los tímpanos donde se adosaban, destruyendo los coronamientos cónicos, muy verticales, que se observan en el dibujo de Lordele y en el del año 1856. Fueron afeitados con el objetivo de proyectar, en el

espacio sobrante entre estos tajamares y el antepecho, cuatros ojos de buey de gran diámetro que permitirían una mayor superficie de desagüe. El arco central fue reconstruído íntegramente, lo que posiblemente acabó por otorgarle un apuntamiento menor del que en origen tuvo, mientras que el recrecido del enlosado de la calzada del puente elevó el nivel del mismo, desdibujando el alomado tardomedieval.

Las propuestas de todos los arquitectos del siglo XVIII que debatieron ampliamente sobre el sistema de pretiles que habría de colocarse al puente fueron desechadas por completo. Cobo proyectó una gruesa cornisa que elevó aún más la altura de la estructura, mientras que se dispusieron gruesas placas en los antepechos. La fotografía realizada por Jean Laurent en 1867, apenas unos años después finalizada la intervención de Cobo y que se conserva en la Biblioteca de la Universidad de Navarra muestra la monumentalidad que los nuevos pretiles otorgaron al puente (figura 3). Actualmente muchos de los sillares que configuran este antepecho se han desprendido y yacen en el fondo del río o sobre el mismo piso del puente, visibles cuando las aguas del embalse de Alcántara lo permiten.

A modo de conclusión debemos señalar que el puente del Cardenal fue un paso fundamental en la circulación que, por el norte, procedía de Madrid y Toledo, una vez atravesado el puente de Almaraz y con destino en la ciudad de Plasencia y, por otro lado, desde el sur, paso obligado en la unión de los territorios placentinos con la ciudad de Trujillo. Un itinerario bien documentado en la etapa medieval y que se perpetuó hasta la misma Guerra de la Independencia.

Asimismo, resulta significativo el largo proceso que se dilató durante siglos, con la sucesión de diversos proyectos que nunca llegaron a realizarse, bien por un mayor interés sobre la construcción del nuevo puente en la Bazagona, bien por el informe negativo de la Real Academia de San Fernando. Mientras que para las obras de reconstrucción las fuentes señalan el papel de los obradores extremeños, para la planificación de estructuras ex novo se prefirió contar con el saber hacer de los tracistas trasmeranos.

Por último, una conclusión más relevante señala que el puente del Cardenal debe incluirse entre los grandes viales extremeños que fueron arruinados en los continuos tiempos de guerra, culminados en la de la Independencia, y que tan sólo serían remozados y restaurados a partir del siglo XIX. Como el del Cardenal son conocidos por ejemplo, los casos del puente romano de Alcántara, restaurado por Alejandro Millán en 1860 y el puente de Almaraz, igualmente destruido uno de sus arcos en la contienda y solamente intervenido a partir del año 1841 cuando se inician los primeros intentos de reconstrucción que finalizarían en 1845 de mano del ex lego Manuel Ibáñez que rehizo el arco demolido (Pérez 1870, 44; Hernández 1980; Rodríguez 1992, 126).

Notas

1. Grupo de Investigación Artarq Uex. Trabajo realizado en el marco del Proyecto I+D MICINN HAR, 2010-19264.

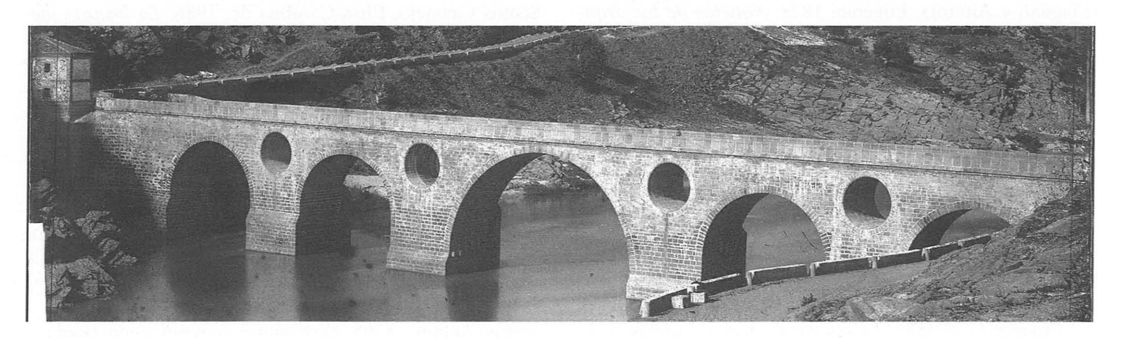


Figura 3.
Puente del Cardenal en 1867 (Jean Laurent. Navarra, Biblioteca de la Universidad, signatura 05194).

Lista de Referencias

Aguilar Rodas, Raúl, 2007. *Gaspar de Rodas, c1520-1607: gran gobernador de Antioquia: inicios de la construcción social de Antioquia*. Medellín: Interprint.

AHN Archivo Histórico Nacional. Consejos, Legajos 72.29, 79-2, 79-2.3, 1870-14.

ARABASF Archivo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, plano 2-31/7.

Barrero de Valenzuela, Adolfo y Arrojo Alonso de Cadenas y López. 1998. *Nobiliario de Extremadura*. Madrid: Instituto Salazar y Castro.

Boletín Oficial del Ministerio de Fomento, 1859, XXXII. Madrid: Imprenta Nacional.

Cadiñanos Bardeci, Inocencio. 2003. *Puentes de Extremadura*. Badajoz: Centro de Estudios Extremeños - Diputación de Badajoz.

CGH Centro Geográfico del Ejército, Cartoteca Histórica, Sección de Documentación, 60-59. *Memoria sobre el terreno que ocuparon las tropas del General Cuesta a la izquierda del Tajo entre los puentes de Almaraz y el Arzobispo*, 1809, no foliado.

Gómez Canedo, Lino, 1947. *Un español al servicio de la Santa Sede, Don Juan de Carvajal: cardenal de Sant'Angelo legado en Alemania y Hungría*, 1399 - 1469. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Jerónimo Zurita.

González Echegaray, María Carmen et. al. 1991. *Artistas cántabros de la Edad Moderna*. Santander: Servicio de Publicaciones Universidad de Cantabria.

Guía de forasteros en Madrid para el año 1859. 1859. Madrid: Imprenta Nacional.

Hack, Achim Thomas. 1999. *Das Empfangszeremoniell bei mittelalterlichen Papst-Kaiser-Treffen*. Böhlau Verlag.

Hernández García, Vicente. 1980. *Almaraz, una villa con historia*. Madrid: s. e.

Laborde, Alexandre. 1808. *Itinéraire descriptif de l'Espagne*. Vol. I. Paris: Nicolle.

Llaguno y Amirola, Eugenio. 1828. *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su restauración*. Vol. I. Madrid: Imprenta Real.

Lora Serrano, Gloria. 2005. *Ordenanzas municipales de la ciudad de Plasencia*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Lordele, Ignacio. 1739. Plano 2-31/7. Archivo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

Machimbarrena y Gogorza, Vicente. 1926. «Puentes sobre el río Tajo III. Provincia de Cáceres. Puente del Cardenal, Almaraz, Arlanza y Conde». *Revista de Obras Públicas*, LXXIV, 2, 467, 521-524.

Madrazo, Santos. 1984. *El sistema de comunicaciones en España, 1750-1850: La red viaria*. Vol. I. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos - Ediciones Turner.

Marín Calvarro, Jesús Ángel. 2002. *Extremadura en los relatos de viajeros de habla inglesa (1760-1910)*. Badajoz: Universidad de Extremadura.

Memoria de las Obras Públicas en España, en los años 1859 y 1860, 1861. Madrid: Imprenta Nacional.

Muñoz de San Pedro, Miguel, Conde de Canilleros. 1952. *Crónicas trujillanas del siglo XVI: manuscritos de Diego y Alonso de Hinojosa, Juan de Chaves y Esteban de Tapia*. Cáceres: Archivo Histórico de Cáceres.

Pastor, Ludwing. 1894. *History of the Popes from the Close of the Middle Ages*. IV. London: K. Paul, Trench, Trubner.

Pérez de Guzmán, Juan. 1870. *Crónica General de España. Provincia de Cáceres*. Madrid.

Porras Arboledas, Pedro A. 1992. «Los portazgos en León y Castilla. Política real y circuitos comerciales». *En la España Medieval*. 15, 161-211.

Pulgar, Hernando del. 1670. *Los claros varones de España*.

Ponz, Antonio. 1778. *Viage de España, en que se la noticia de las cosas mas apreciables y dignas de saberse, que hay en ella*. VII. Madrid: Joachin Ibarra Impresor.

Queipo del Llano Ruiz de Saravia Toreno, José María. 1839. *Historia del levantamiento, guerra y revolución de España por el conde de Toreno*. Vol. II. Madrid: Imprenta del Diario

Rodríguez Amaya, Esteban, 1947. «Juan de Carvajal». *Revista de Estudios Extremeños*, tomo III, 1-2, marzo-jun, 208-214.

Rodríguez Pulgar, María del Carmen. 1992. *El puente romano de Alcántara: reconstrucción en el siglo XIX*. Cáceres: Institución Cultural El Brocense - Excma. Diputación Provincial de Cáceres.

Rodríguez Valdés, Manuel María. 1842. «El cardenal don Juan de Carvajal, y la fiesta de la transfiguración del Señor». *Seminario Pintoresco Español*, serie II, tomo IV.

Sánchez Lomba, Francisco Manuel y Antonio Navareño Mateos. 1989, «Vizcaínos, trasmeranos y otros artistas norteños en la Extremadura del siglo XVI». *Norba-Arte*, IX, 7-14.

Santos Canalejo, Elisa Carolina de. 1986. *La historia medieval de Plasencia y su entorno geo-histórico: La Sierra de Bejar y la Sierra de Gredos*. Cáceres: Institución Cultural El Brocense - Excma. Diputación Provincial.

Soler Salcedo, Juan Miguel. 2008. *Nobleza española: grandeza inmemorial*, 1520. Madrid: Visión Libros.

Soria Sánchez, Valentín. 1986. «Puentes, caminos, ríos: fronteras como armas defensivas en Extremadura». *Gladius*, XVII, 157-183.

Tani, Maurizio, 2005. *La rinascita culturale del '700 ungherese: le arti figurative nella grande committenza ecclesiastica*. Roma: Gregorian University Press.

Vegas, Antonio. 1795. *Diccionario geográfico universal que comprehende la descripción de las quatro parte del mundo*. Vol. V. Madrid: Imprenta de Don Joseph Doblado

Diseño y construcción de la bóveda de media naranja de ladrillo a finales del S. XVIII: Real Fábrica de Cristales de la Granja (Segovia)

Belén Morchón Hernández

Los tratados de arquitectura y los antiguos manuales de construcción, sirven como vía de análisis y comprensión de la arquitectura construida. En ellos, de forma más o menos intuitiva, los maestros transmitieron los conocimientos adquiridos a través de su propia experiencia, de la observación de otros edificios construidos y del estudio de los tratados anteriores, constituyendo a su vez la principal base de conocimiento para la ejecución de bóvedas en épocas posteriores.

Una primera aproximación al estudio de las bóvedas de media naranja de ladrillo pone en evidencia la progresiva pérdida de la tradición constructiva de este elemento desde comienzos del s. XX., debido a la utilización de nuevos materiales y sistemas constructivos y estructurales. Esto ha provocado la casi total desaparición de las técnicas de construcción y diseño que se emplearon durante siglos en la ejecución de bóvedas, sin embargo muchos edificios se han conservado hasta hoy, esto constituye una prueba indiscutible de la calidad y solidez de los métodos empleados.

La hipótesis inicial de la que parte este trabajo es que la geometría y proporciones de la bóveda oeste de la Nave de Hornos de la Real Fábrica de Cristales de Segovia, responden a alguna de las trazas geométricas definidas en los tratados de arquitectura anteriores al s. XIX. No se trata de analizar la bóveda con los conocimientos y herramientas del cálculo estructural actual, sino descubrir a través de la geometría real las claves del diseño, dimensión y construcción que manejaban los antiguos maestros de obra.

Por otro lado, en la actualidad la combinación de los métodos topográficos de toma de datos unidos al modelado 3D y a la modificación de la imagen digital, permiten la obtención de modelos virtuales que representan de forma exacta y precisa la arquitectura construida de modo que puedan ser analizados, manipulados y en general utilizados como un instrumento fundamental para el análisis, documentación y conservación del Patrimonio.

Metodología empleada en el levantamiento y elaboración del modelo virtual

El objetivo del levantamiento es determinar la geometría de la bóveda oeste de la Real Fabrica del Cristales de la Granja, Segovia (figura 1), en especial de la linterna, la bóveda y los diferentes elementos que las sustentan, desde las pechinas hasta la base de los pilares, con la suficiente precisión para poder definir con exactitud cada uno de estos elementos y utilizar esta información para la elaboración de un modelo en tres dimensiones.

Se optó por una metodología de topografía clásica con medición sin prisma para medir la bóveda y determinar de modo preciso su forma y dimensiones. La utilización de una estación total Leica TCRM+1203 provista de distanciómetro permitió medir sobre cualquier superficie, sin emplear elementos reflectantes como dianas de puntería o prismas, realizar el levantamiento de la bóveda seleccio-

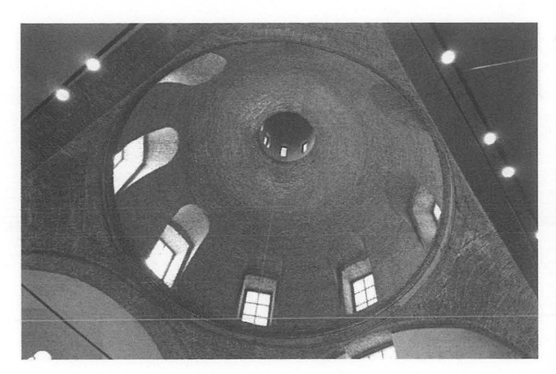


Figura 1
Bóveda oeste de la Real Fábrica del Cristales de la Granja, Segovia (foto de la autora)

nando los puntos que definen la geometría de la misma y georreferenciar los datos obtenidos; con un coste muy inferior al del escáner 3D.

Observando sobre el terreno el estado de la bóveda y los elementos que la componen: ladrillo, enfoscado y en algunos puntos piedra, se determinó que la precisión del equipo de medida debería estar en torno a 1 cm para una distancia máxima de 25 metros, la altura del punto mas lejano de la bóveda, que corresponde a la linterna.

Como primer paso del levantamiento se establecieron 6 puntos fijos de control materializados con dianas reflectantes adhesivas, tomando posteriormente las coordenadas de dichos puntos con la estación total y estableciendo un sistema de coordenadas local. A continuación, tras establecer el sistema de puntos de control y con coordenadas conocidas se realizaron 5 estacionamientos y se radiaron un número total de 1315 puntos del intradós de la bóveda. Dichos puntos se fueron apuntando en el croquis de campo con su numeración precisa con el fin de poder identificarlos después en el modelo.

Se generó una nube de 1.315 puntos en el espacio tridimensional que fue convertida en un archivo de formato dwg tridimensional que permite su visualización y manipulación con el software de Autodesk AUTOCAD 2012 (figura 2). Estos puntos fueron inicialmente unidos entre ellos para crear una red que permitiera unificarlos y visualizar de forma somera los elementos constructivos. Para ello se siguieron las referencias tomadas en los croquis y las fotografías realizadas con una cámara Canon EOS-20D.

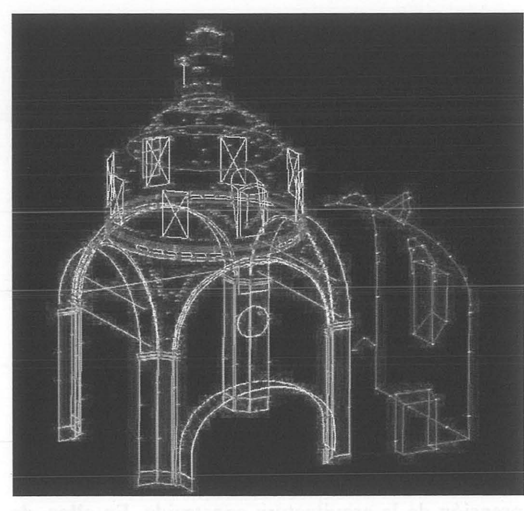


Figura 2
Nube de puntos en el espacio tridimensional (dibujo de la autora 2011)

La nube de puntos fue posteriormente importada al software de Autodesk MAYA, programa informático de modelado y animación 3D. En dicho programa, la nube aparece como rectángulos que indican la posición de cada punto en el espacio 3D a través de sus coordenadas en X, Y, Z. Esto sirvió como referencia

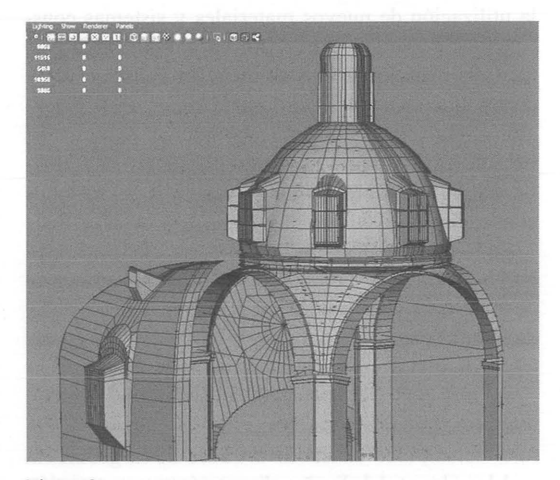


Figura 3
Modelo tridimensional inicial (dibujo de la autora 2012)

para modelar en polígonos el modelo tridimensional. La utilización de mallas permite obtener un modelo muy aproximado a la realidad (figura 3, pero no un conocimiento preciso de la geometría de las diferentes superficies que conforman la bóveda.

El procedimiento fue modelar las formas y superficies de manera simétrica y genérica, para luego adaptar la forma a las irregularidades de la estructura real, adaptando las superficies a los puntos singulares de la nube. Las superficies generadas recogen los puntos de referencia creando el esqueleto del modelo tridimensional (figura 4). Adaptándose en todo momento a los elementos referenciados, lo que nos garantiza la fiabilidad del modelo, cuyo error máximo no supera 1 cm en las coordenadas x, y, z.

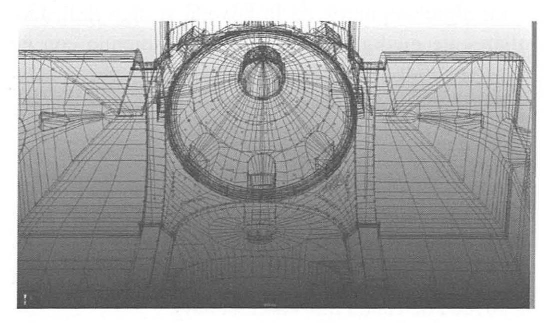
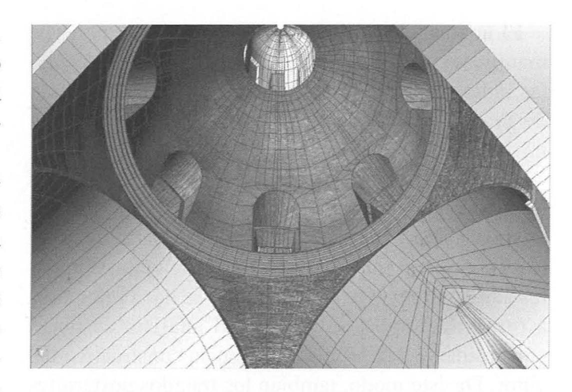
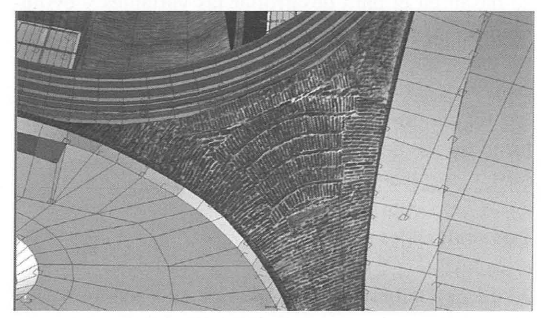


Figura 4
Malla adaptada a la nube de puntos (dibujo de la autora 2012)

Para el estudio del aparejo de ladrillo se procedió a la adaptación de las imágenes digitales obtenidas desde distintos puntos de visualización, utilizando el software Adobe PHOTOSHOP. Para ello se recurrió de nuevo a los 1.315 puntos radiados incluidos en las superficies dibujadas y a los croquis dibujados in situ, lo que permitió encajar perfectamente las imágenes en el modelo creado, dotando al mismo de información sobre color, textura y aparejo del elemento constructivo (figuras 5 y 6).

Esta metodología es especialmente interesante para el caso de elementos constructivos como bóvedas y cúpulas, cuya elevada altura dificulta la toma de datos por medios ordinarios y a su vez constituye un método exacto, fiable y mucho más económico respecto a técnicas de captura masiva como la fotogrametría digital y el láser escáner terrestre, donde el instrumento captura automáticamente la información 3D.





Figuras 5 y 6
Imágenes digitales integradas en el modelo tridimensional (dibujos de la autora 2012)

La bóveda de media naranja y los tratados del s. XVII-XVIII

Disponemos de escasos datos concretos sobre la concepción y el proceso constructivo de las bóvedas de media naranja de la Real Fábrica: la planta general del edificio firmada por José Díaz Gamones en 1770 y unas líneas escritas por el Aparejador Real en 1774 durante su ejecución: «Empezar la boveda de la nabe grande que cubre la Carquesas o templadores, y haver cerrado las pechinas y arcos torales para el empiezo de una media naranja y continuando en las demás bovedas para su adelantamiento». (Antonio Ruiz Hernando y María Jesús Callejo Delgado. 1988, 46). Sin embargo la geometría y dimensiones de la bóveda estudiada demuestran el gran conocimiento que José Díaz Gamones poseía de la tratadística escrita hasta finales del s. XVIII sobre este tipo de bóvedas y la enorme influencia que la obra de Fray Lorenzo de San Nicolás ejerció en los maestros de obra de la época.

El análisis de la geometría de la bóveda pone de manifiesto que fue diseñada y construida siguiendo las indicaciones descritas con precisión en el tratado de Fray Lorenzo sobre las trazas y construcción de bóvedas de media naranja.

Arte y Uso de la arquitectura (1639 y 1663) fue el tratado de referencia para la construcción de templos en toda España hasta bien entrado el s. XIX. Aunque los dibujos son muy escasos, las descripciones escritas son amplias y detalladas. En él se hace referencia a otros tratadistas anteriores, al análisis de obras construidas y a la propia experiencia constructiva del autor. De este modo, también los tratados posteriores se basan en él para desarrollar las variantes y evolución de los sistemas constructivos que iban avanzando de forma más o menos intuitiva, basándose en la experiencia de los maestros. Este modelo basado en las reglas de proporción empíricas estuvo vigente hasta finales del s XIX.

Los materiales

El 12 de Octubre de 1770 Carlos III encargó a José Díaz Gamones, aparejador del Real Sitio, la construcción de la nueva Real Fábrica de Cristales de La Granja junto a la fuente del Príncipe. En el encargo se incidía en la necesidad de evitar los incendios que acababan de destruir la antigua fábrica. La gran novedad del proyecto de Gamones respecto a las fábricas anteriores fue resolver la cubrición de la nave de hornos mediante bóvedas construidas con fábrica de ladrillo y mortero de cal; anteriormente se habían utilizado armaduras de madera.

La bóveda fue probablemente construida para ser revocada, y este debió ser su estado desde su construcción, sin embargo en la actualidad se encuentra limpia lo que permite apreciar perfectamente su aparejo de excelente calidad. La linterna es el único elemento de la bóveda con revoco a día de hoy.

Se desconoce en qué momento se eliminó el revoco de las cúpulas, ya que este no aparece en ninguna de las fotografías antiguas de la fábrica que se conservan. El arquitecto Ignacio de las Casas, señala en el Proyecto de Obras de Restauración y Conservación de la Real Fábrica de Cristales de la Granja de San Ildefonso: «Los revocos de todas la bóvedas y cúpulas fueron picados, dejando al descubierto las fábricas de ladrillo que si bien ofrecen un aspecto espléndido a nivel constructivo, puede apreciarse que siempre fueron realizados pensando en estar recubiertos. La revocación de la nave la haría recobrar la imagen primitiva». (Ignacio de las Casas 1984).

Ante la imposibilidad de acceder a la zona superior de la bóveda se han analizado los documentos fotográficos y el tipo de fábrica empleado en el resto del edificio, constatándose medidas variables que con oscilaciones de hasta 2 cms indican que se ha utilizado principalmente ladrillo de tejar de dimensiones 28 x 14 x 4 cm colocado a soga en la mayor parte de las zonas. El ladrillo se fabricaba para ser manejado fácilmente por lo que el tamaño de la soga suele estar alrededor de 1 pié, aproximadamente el doble del tizón. Las llagas y los tendeles tienen un espesor medio de unos 2 cm.

En algunos puntos de la bóveda se han utilizado sillares de piedra: en el anillo, coincidiendo con la parte superior de cada una de las cuatro pechinas y en el interior de las mismas, en la parte inferior del triángulo, donde su función podría limitarse a crear la curvatura que permite la colocación de los ladrillos a sardinel en forma de arco en la zona central de la pechina. Los arcos torales están atirantados mediante tirantes de hierro: 2 en los arcos del crucero y uno en el arco de la nave principal, al igual que toda la bóveda de cañón que cubre la nave.

Exteriormente, el cimborrio octogonal de fábrica que cubre la bóveda posee una cubierta de teja árabe colocada a la segoviana, es decir utilizando solo teja canal y cobija solo en algunas hiladas y en las cumbreras, colocada sobre un lecho arcillosos que permite su movimiento y mantiene la impermeabilidad del conjunto. Esta cubierta se coloca sobre estructura de madera a la que no ha sido posible acceder. La cubierta de la linterna, igual que las de las chimeneas, es de plomo.

El diámetro

En planta, la bóveda de media naranja se inscribe en un cuadrado de lado 11,15 m., que corresponde a la luz de la bóveda, equivalente a exactamente 40 pies castellanos (figura 7). El pie castellano es la unidad de longitud tradicional utilizada en España hasta el s XIX basada en el pie humano y equivale a 0,278635 metros. La medición del diámetro de la cúpula sobre el modelo 3D elaborado confirma esta medida, que a su vez coincide con la distancia entre las aristas de

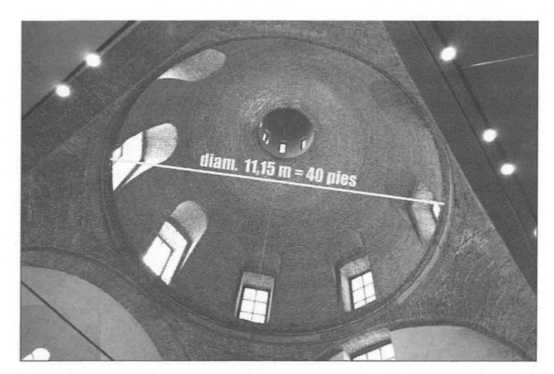


Figura 7
Medición de la bóveda (ilustración de la autora 2012)

las pilastras en el nivel inferior. No se trata de una luz excesiva si la comparamos con los ejemplos de las grandes cúpulas históricas.

Los tratados de arquitectura españoles de la época utilizan el pie castellano como unidad de medida en los dibujos y descripciones de las trazas y en las indicaciones para la medida y cuantificación de los elementos descritos. Cabe destacar que tanto el «Tratado de todo género de bóvedas », de Juan de Torija (1661) como «Arte y Uso de la Arquitectura » de Fray Lorenzo de San Nicolás (1639 y 1663) o el «Compendio de Arquitectura y simetría de los templos » de Simón García (1683), describen el diseño de bóvedas de rosca de media naranja de 40 pies de diámetro. Dicho diámetro se emplea de nuevo en las descripciones de cúpulas en la obra: «El arquitecto práctico Civil, Militar y Agrimensor » de Antonio Plo y Camín (1767) contemporánea a la construcción de la bóveda objeto de estudio. Se describe posteriormente como adaptar estos modelos a cualquier diámetro mediante reglas de tres, como señala Torija: «...y con estas aduertencias podrás medir qualesquiera Bovedas que estèn en proporcion de sus semejantes, y esto baste para inteligencia de lo demas » (Torija 1661, 30). Esto indica que el diámetro elegido por José Díaz Gamones o es aleatorio y demuestra que conocía los tratados y diseñó la bóveda conforme a las indicaciones de los mismos.

El diámetro es un dato fundamental, debido a la relación proporcional descrita en toda la tratadística antigua entre el diámetro de la bóveda y el resto de sus elementos. Lo que constituye el fundamento de su diseño geométrico, como describe Carlo Fontana en sus escritos y fundamentalmente en su obra: «Il Tempio Vaticano » (1694).

ESTUDIO GEOMÉTRICO Y APAREJO DE LA BÓVEDA

Los extremos de la nave principal o nave de hornos, se resuelve mediante una bóveda de media naranja sobre los cruceros, flanqueada por dos bóvedas esquifadas. La transición entre las bóvedas esquifadas y la de media naranja se realiza a través de arcos torales de medio punto, sobre los que apoyan cuatro pechinas que a su vez soportan una cornisa o anillo sobre la que carga la bóveda de crucero, rematada por una linterna. Cuenta con 8 aberturas en la bóveda, para iluminación natural, en los dos ejes perpendiculares de la nave y en los correspondientes dos ejes desplazados 45º respecto a los anteriores y otras 8 aberturas en la linterna. Se trata por tanto, de una bóveda de media naranja representativa tanto en sus dimensiones como en su geometría.

Una vez realizado el modelo tridimensional se procedió al análisis geométrico referido al desarrollo de la bóveda y medidas reales de cada uno de sus elementos.

Este estudio se basa en la sección realizada al modelo tridimensional, sobre ella se superponen las trazas estudiadas en los diferentes tratados antiguos, verificando que es la descrita por Fray Lorenzo la que realmente ha generado el diseño de esta, tanto en el perfil de la media naranja como en las proporciones y dimensiones de la linterna, pechinas, lunetos y el resto de los elementos que la componen, cuyas dimensionen corresponden en cada caso a proporciones relacionadas con el diámetro de la bóveda.

Determinar la geometría de la bóveda fue sencillo, a través del modelo tridimensional se pudieron realizar secciones del intradós absolutamente fiables. Las secciones del modelo se compararon inicialmente con las de la bóveda que aparecían en el proyecto de Restauración y Conservación de la Real Fábrica de Ignacio de las Casas. Este proyecto no actuó sobre las bóvedas. La superposición de líneas de sección se corresponde de forma general, pero llama la atención que en el proyecto las bóvedas fueron representadas semiesféricas, mientras que el levantamiento realizado muestra una bóveda de perfil apuntado (figura 8).

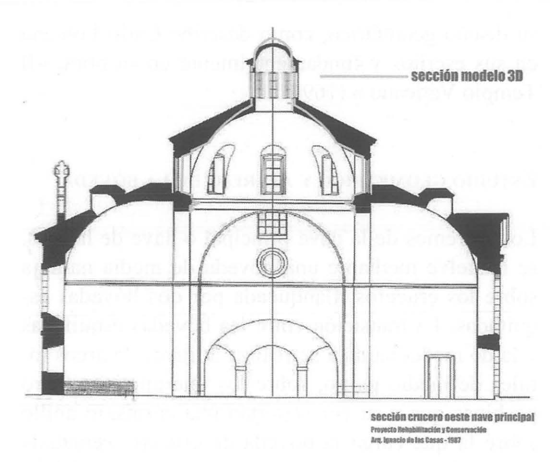


Figura 8
Sección del crucero oeste de la Nave de Hornos (dibujo de la autora 2012)

La altura total de la bóveda desde el pavimento hasta la parte superior de la linterna es de 24,78 m.

La bóveda de media naranja se divide de arriba a abajo en los siguientes elementos: linterna, bóveda, lunetos, cornisa o anillo, pechinas y pilares (figura 9).

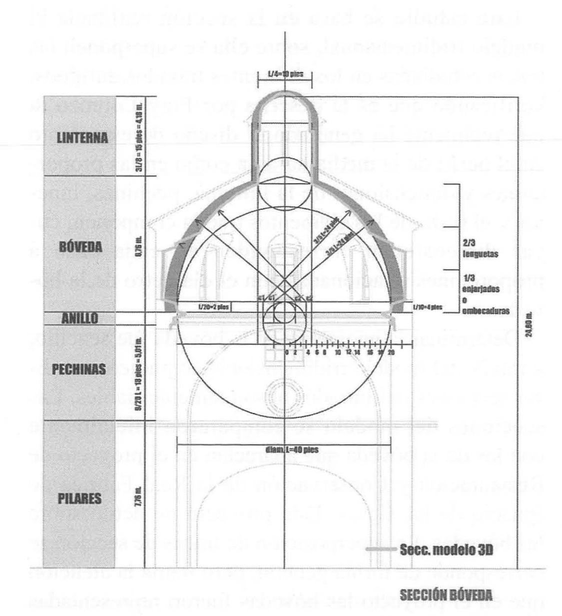


Figura 9
Estudio geométrico de la bóveda (dibujo de la autora 2012)

Linterna

La linterna de la bóveda tiene una forma cilíndrica con remate semiesférico, actualmente es el único elemento de la bóveda que mantiene el revoco. Posee 8 ventanas que corresponden en planta con los ejes de las ventanas de la cúpula. Al exterior la linterna tiene una planta ochavada rematada con cubierta de plomo. Según indica De las Casas: «Las cubiertas de las linternas y chimeneas eran de plomo y así se interpretó que debieran serlo las lunetas de fachada y probablemente las buhardillas que hoy han desaparecido». (Ignacio de las Casas. 1984).

Las dimensiones de la linterna son:
Diámetro: 2,78 m = 10 pies = L/4
Altura: 4,18 m = 15 pies = 3L/8 (L/4 + L/8)
Espesor: 1 pie
(Siendo L= diámetro de la bóveda= 40 pies = 11,15 m)

Las citadas proporciones respetan exactamente lo indicado por Fray Lorenzo de San Nicolás en su Tratado: «El diametro de la linterna ha de ser por la quarta parte del diametro de la media naranja, y el alto de la linterna ha de ser diametro y medio, en quanto a la parte de adentro de la linterna, y assi quedarà en buena disposicion las medidas» (Fray Lorenzo de San Nicolás 1639, Parte I Cap. LIII, 94).

Carlo Fontana describe unas proporciones más esbeltas en su tratado, con diámetro de la linterna de L/5 y altura L/2 para la linterna sin la esfera y la cruz. Tampoco sigue las trazas indicadas por Simón García, que aunque coinciden en el diámetro interior de la linterna de L/4 utiliza una mayor altura para la misma 2a, siendo «a» el diámetro exterior de la linterna.

También Fray Lorenzo hace referencia a la solución exterior de la linterna, con sección octogonal, comenta que existen dos formas de hacer las linternas al exterior: «....ò una forma de pedestal quadrada, con sus ventanas en el recto, ò haziendole ochauado, y por cada ochauo darle su ventana, para que por ella reciba luz la media naranja (...) aunque por dentro vna y otra han de tener forma redonda». (Fray Lorenzo de San Nicolás 1639, Parte I Cap. LIII, 94) (figura 10).

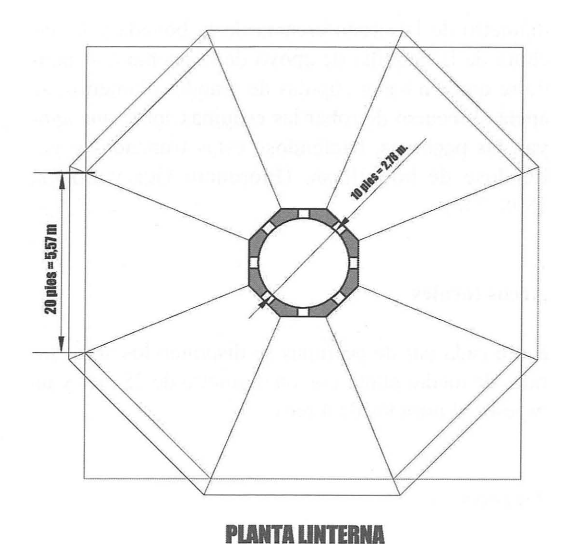


Figura 10
Planta de la linterna (dibujo de la autora 2012)

Bóveda de media naranja y cimborrio

Una primera aproximación a la geometría de la bóveda, indica que tiene planta circular de diámetro L = 11, 15 m = 40 pies, con un perfil apuntado y 8 aberturas en los ejes principales y los desplazados 45 °. Exteriormente se cubre con un cimborrio de planta octogonal de lado 5,57 m = 20 pies = L/2. Para la comprensión de su desarrollo se ha comparado con las trazas que expone Carlo Fontana en su estudio.

Se trabaja a partir de la sección del intradós de la bóveda obtenida del modelo 3D, tomando como base la línea superior del anillo. Se observa que la bóveda está realzada en su arranque una altura de 2 pies = L/20; línea que coincide con el arranque de los lunetos; a partir de esta altura se traza una línea horizontal en la que se sitúan los centros de las circunferencias que genera la línea del perfil, desplazados del centro hacia ambos lados, una distancia de 4 pies = L/10. El trazado de los arcos desde estos centros coincide con una sorprendente precisión con la línea de sección obtenida del modelo.

Sobre este tipo de bóvedas apuntadas o prolongadas, Fray Lorenzo no es tan preciso en cuanto a la descripción de su trazado: «...la bobeda prolongada de media naranja, se auia de trazar con dos puntos: esto es, suponiendo que el prolongo se pasa de uno o dos pies: mas siendo mas el prolongo, que venga á ser figura oval, ò ovalo, en tal caso se ha de labrar con quatro puntos o cintreles, que con otros tantos se traza el óvalo». (Fray Lorenzo de San Nicolás 1639, Parte I Cap. LIII, 95).

El aparejo es de una gran calidad, rematándose la bóveda en su parte superior con un anillo de una rosca que sirve de apoyo a la linterna.

Fray Lorenzo describe las dimensiones que debe tener el cimborrio octogonal que cubre la media naranja de 40 pies: «...por ser, las paredes, en su planta por fuera ochauadas y redondas por dentro redondas... y siguiendo su medida, que alli es de quarenta pies, y de quatro pies los gruessos de paredes por lo mas delgado, que juntos montan quarenta y ocho pies, que es el valor de cada uno de los quatro lados... del centro del círculo formaràs ocho triangulos, que estos en la misma fabrica se forman, y hallaràs que la perpendicular vale veinte y quatro pies, el lado del ochauo vale veinte... » (Fray Lorenzo de San Nicolás, 1639 Parte I Cap. LIV, 207).

Lunetos

La altura de los lunetos de las 8 aberturas de la cúpula es de 4,18 m al trasdós, esto confirma los cánones de divisiones en tercios que se dan en la obra de Fray Lorenzo, puesto que dicha altura en el trasdós equivale a los 2/3 de la altura total de la cúpula, como indica el autor en el siguiente fragmento haciendo referencia a las lenguetas: «...sacaràs sus enjarjados, ò embecaduras, hasta el primer tercio; y hasta el segundo, las lenguetas, creo nadie ignora que sean lenguetas, y por esso no me he detenido en declararlo, », «...hazense en las bobedas en unas y otras lunetas, tanto para hermosear la bobeda, como para fortalecerla» (Fray Lorenzo de San Nicolás, 1639 Parte I Cap. LII, 94). En los lunetos, los ladrillos se disponen a soga en la dirección perpendicular a la bóveda.

Cornisa o anillo

El anillo sobre el que se levanta la bóveda de media naranja es circular y tiene una altura de 11 hiladas de ladrillo; en la línea situada sobre cada una de las pe-

chinas, se sustituyen 5 hiladas de ladrillo por sillares de piedra.

Pechinas

Las cuatro pechinas que realizan la transición de la planta circular a la cuadrada presentan un aparejo más o menos similar. En la zona central de las pechinas el ladrillo se coloca a sardinel en 5 o 6 hiladas curvas con 1 o 2 hiladas a tizón entre cada una de ellas. Aparece un sillar de piedra situado en la base del triángulo, que probablemente servía como apoyo para la colocación de la hilada curva. En la parte superior de la pechina, bajo el anillo, el ladrillo se coloca en dos hiladas a sardinel. En los dos laterales el aparejo sigue la dirección de los arcos torales y termina siendo recto horizontal en la parte inferior formando las boquillas de apoyo de las pechinas sobre los pilares. Las boquillas tienen un ancho de 3 pies (figura 11).



Figura 11
Pechina (foto de la autora 2011)

Fray Lorenzo insiste en la necesidad de trabar el aparejo de los arcos con el de las pechinas: «importa que vaya trauando en el arco de suerte, que el arco haga resalto por la parte de la pechina, como en la boquilla, y sobre el cargue la pechina vn quarto de pie, para ayudarla a sustentar» (Fray Lorenzo de San Nicolás, 1639 Parte I Cap. XLV, 75).

La curvatura de las pechinas fue descrita geométricamente en muchos tratados, viene definida por el diámetro de la circunferencia de la bóveda y la anchura de la boquilla de apoyo de la pechina: «Cuando se quieren hacer cúpulas de grandes diámetros, se apela al recurso de robar las esquinas sobre que apoyan las pechinas, haciéndose estas truncadas y valiéndose de boquillas». (Florencio Ger y Lobez, 1898, 248)

Arcos torales

Entre cada par de pechinas se disponen los arcos torales de medio punto con un diámetro de 35 pies y un espesor al intradós de 4 pies.

Tirantes

En los arcos torales de los brazos del crucero aparecen dos tirantes de hierro, el primero a la altura del arranque del arco y el segundo aproximadamente a la mitad. En el arco hacia la nave principal solo se ha colocado un tirante en el arranque, continuando la disposición de tirantes de toda la nave.

Conclusión

Hasta entrado el s. XIX la estabilidad de la estructura se alcanzaba siguiendo criterios geométricos, que determinaban las proporciones adecuadas de las distintas partes del elemento arquitectónico. En este trabajo se ha demostrado como las dimensiones y geometría de cada uno de los elementos de la bóveda, respetan de un modo preciso las relaciones proporcionales entre ese elemento y el diámetro de la bóveda, tal y como dichas relaciones están reflejadas en los tratados, fundamentalmente en «Arte y Uso de la Arquitectura» de Fray Lorenzo de San Nicolás.

La integridad constructiva y estructural con que ha llegado la bóveda hasta nuestros días, demuestra que las reglas empíricas proporcionales, geométricas y aritméticas descritas en los tratados, constituyen un método válido para el proyecto de este tipo de estructuras.

La elaboración de un modelo virtual 3D basado en tomas de datos por métodos topográficos es actualmente un recurso viable, económico y preciso para el análisis y documentación de elementos arquitectónicos.

LISTA DE REFERENCIAS

Casas, Ignacio de las. 1984. *Proyecto de Restauración y Conservación de la Real Fábrica de Cristales de la Granja de San Ildefonso*, 1.3.1. Memoria descriptiva. Madrid

Fontana, Carlo. 1694. *Il Tempio Vaticano*. Roma

Fortea Luna, Manuel y V. López Bernal. 2001. *Bóvedas de ladrillo. Proceso constructivo y análisis estructural de bóvedas de arista*. Cáceres: Colegio Oficial de Arquitectos de Extremadura, Editorial de los Oficios S.L.

García, Simón. 1683. *Compendio de Arquitectura y simetría de los templos*. Salamanca

Ger y Lobez, Florencio. [1898] 2001. *Tratado de construcción Civil*. Badajoz: Est. Tip. La Minerva Extremeña. Edición facs. Badajoz: Diputación General de Badajoz.

Guastavino, Rafael. [1890] 2006. *Escritos sobre la construcción cohesiva*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Heyman, Jacques. 1995. *Estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, ETSAM, CEHOPU, CEDEX.

Heyman, Jacques. 1995. *The Stone Skeleton*. Cambridge: Cambridge University Press.

Heyman, Jacques. 1999. *El Esqueleto de Piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, ETSAM, CEHOPU, CEDEX.

Heyman, Jacques. 1999. *The science of structural engineering*. London: Imperial Collage Press.

Heyman, Jacques. 2004. *La Ciencia de las estructuras*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, ETSAM.

Huerta, Santiago. 2004. *Arcos, Bóvedas y Cúpulas, geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, ETSAM.

Marcos y Bausá, Ricardo. 1879. *Manual del Albañil. Biblioteca Enciclopédica Popular Ilustrada*. Madrid: Dirección y Administración. Ed. facs. 2003 Valladolid: Maxtor.

Plo y Camín, Antonio. 1767. *El arquitecto práctico Civil, Militar y Agrimensor*. Madrid: Imprenta de Pantaleón Aznar.

Pastor Rey de Viñas, Paloma. 1994. *Historia de la Real Fábrica de Cristales de San Ildefonso. Durante la época de la Ilustración (1727-1810)*. Madrid: Fundación Centro Nacional del Vidrio.

Pastor Rey de Viñas, Paloma y Acu Estebaranz. 1999. *Real Fábrica de Cristales. Imágenes de una época*. Madrid: Patronato de la Fundación Centro Nacional del Vidrio.

Ruiz Hernando, Antonio y María Jesús Callejo Delgado. 1988. *Las Fábricas de vidrio de la Granja. Estudio Arquitectónico. Vidrio de La Granja. Real Fábrica de Cristales de la Granja, Carlos III y la Ilustración (1788 - 1988)* Madrid: Fundación Centro Nacional del Vidrio, Ministerio de Cultura, Mondadori.

San Nicolás, Fray Lorenzo de. 1639 y 1663. *El arte y Uso de la Arquitectura*. Madrid.

Torija, Juan de. 1661. Breve Tratado de todo género de bóvedas. Madrid: Matritis.

Técnicas constructivas e innovaciones mecánicas aplicadas a los molinos bajomedievales: Un estudio sobre su evolución en España (siglos XI al XV)

Alberto Moreno Vega

En el estudio de las técnicas constructivas hay que reflexionar sobre dos aspectos fundamentales y unidos entre sí: el conocimiento de los materiales, que dará las respuestas a las preguntas ¿por qué fueron empleados y cómo evolucionaron?, y sus aplicaciones en cada sociedad histórica, con la pregunta ¿para qué y cuándo fueron usados?

Del siglo XIII al XV fueron surgiendo innovaciones técnicas en el ámbito agrario y de las industrias: los molinos hidráulicos y de viento, la sustitución del antiguo arado romano por otros de nueva invención, etc. Tales mejoras permitieron un aumento de las cosechas y, por lo tanto, acrecentar la producción de alimentos. Como consecuencia, se produjo un fuerte crecimiento demográfico en toda Europa y las tierras de cultivo experimentaron un gran auge. Surgieron así nuevos pueblos en el campo, que se llamaron «villas nuevas», y aparecieron, por primera vez en la Edad Media, excedentes agrícolas que permitieron su comercialización. El siglo XIII se considera la centuria de máximo esplendor medieval, con una gran prosperidad socioeconómica. La industria textil se convirtió en un importante generador de riqueza y las rutas comerciales cobraron un extraordinario desarrollo. Tal proceso expansivo creó nuevos centros de intercambio para el avituallamiento de los mercaderes, lo que provocó un aumento de las artesanías, que se concentraron formando ciudades.

En la España bajomedieval, tras reconquistar los cristianos el valle del Ebro, las huertas valencianas y, por último, la cuenca del Guadalquivir, se dio un aumento paulatino de nuevas tierras dedicadas a cultivos agrícolas y ganadería. Estos territorios terminaron, habitualmente, bajo la jurisdicción de señoríos feudales que tenían reservado el monopolio de autorizar o no la construcción de industrias y obligar a sus vasallos a moler los granos o frutos en los molinos de su propiedad. La economía de la sociedad medieval, monopolizada por señoríos, era predominantemente agrícola y ganadera, donde los cultivos de cereal fueron fundamentales para la subsistencia de la población. Las grandes necesidades de producir alimentos, moliendo cereales, elaborando pan, extrayendo aceite de oliva, etc., junto a las de fabricar materiales de obra, provocaron una construcción masiva de talleres artesanos e industrias (molinos hidráulicos harineros, batanes, tahonas, lagares, almazaras, batanes, panaderías, hornos de cal o ladrillo, ferrerías y fraguas, etc.).

A partir del siglo XI, se introdujo en toda Europa la sustitución progresiva de la madera y el tapial por la piedra y la mampostería, respectivamente. Con estos materiales comenzaron a edificarse molinos hidráulicos y de tiro animal, destinados principalmente a elaborar alimentos y transportar el agua hacia las ciudades o los campos de riego. Debido a ello, se desarrolló en la España bajomedieval una legislación abundante sobre cómo se debían construir los molinos, destacando la dictada por el Fuero de Cuenca. Del siglo XIII al XV, cuando surgieron los molinos de viento y de mareas, el uso de la piedra local aumentó, pero regularizada y ordenada según hiladas

unidas con argamasa. Otros nuevos materiales, como las tejas curvas y baldosas de arcilla cocida o los ladrillos, fueron también aplicados, junto al adobe, la madera, el barro y la cal, en la construcción de molinos medievales, para cubrir suelos, levantar muros y formar tejados. Esto fue posible al proliferar los grandes hornos para cocción de piezas cerámicas. A veces, los molinos debían cimentarse sobre los mismos lechos fluviales, como las aceñas de Olivares en Zamora, para lo cual había que construir estructuras pétreas de grandes dimensiones.

De otro lado, los molinos hidráulicos bajomedievales fueron aplicando, de forma paulatina, innovaciones tecnológicas para mejorar su rendimiento mecánico, al sustituir, primero, las ruedas de paletas planas por los rodeznos de álabes e introducir, posteriormente, los engranajes angulares, lo que permitió construir grandes aceñas. Es también durante la Edad Media cuando la energía hidráulica se diversifica, comenzándose a emplear en otros usos industriales, como los batanes para enfurtir los paños o las factorías destinadas a fabricar papel. Por último, junto a los pocos restos preservados actualmente de construcciones completas, existen aún abundantes vestigios aislados de molinos medievales, como bóvedas, azudas, muros, muelas, etc.

La sustitución de la madera por la piedra durante la Baja Edad Media

El paso «natural» del mampuesto a la sillería, o desde las cubiertas de madera hacia las técnicas abovedadas, encierra tras de sí la cuestión sobre las autorías de su arquitectura, el *modus operandi* de los gremios y la organización de los talleres artesanales. Un momento crucial en la historia de las técnicas constructivas bajomedievales, bajo tipologías de arquitectura rural, fue la sustitución de la madera por la piedra como material de obra. Las cabañas de madera fueron así reemplazadas por casas pétreas de dos pisos, edificadas con mampuestos que formaban hiladas más o menos horizontales, a veces irregulares, mediante la utilización de cuñas. Pero, ¿cómo se produjo este cambio de materiales y de técnicas constructivas? Los edificios de madera fueron fácil presa de los incendios y actos vandálicos, pudiendo ser ésta la causa principal más probable de dicho cambio constructivo.

Bajo este contexto surgió, a partir del siglo XI, un estilo arquitectónico nuevo: el románico, que fundamentado en la piedra hizo frente a las débiles edificaciones de siglos anteriores. Al adoptar las nuevas estructuras de arquitectura románica, incidieron antiguas técnica clásicas, donde junto a los nuevos materiales cerámicos y pétreos, también se restablecieron ciertos elementos constructivos de raigambre grecorromana: pilares, columnas adosadas, arco de medio punto y abovedados. Las nuevas instalaciones defensivas erigidas bajo dicho estilo arquitectónico, motivaron la importación de maestros extranjeros para reconstruir murallas, torres, etc. (Glick 1992, 21).

Materiales y técnicas constructivas en los molinos bajomedievales

La elección de los materiales quedó limitada, generalmente, por su disponibilidad en las inmediaciones donde se realizaba la instalación del molino, la facilidad para poder trabajarlos y por condicionamientos de tipo económico. Hubo un predominio evidente de la madera, piedra, ripio, adobe, ladrillo, paja y tejas cerámicas, pero sin aparecer de forma excluyente. La madera de distintas especies leñosas, como la encina, el olmo, roble o alcornoque, debido a su versatilidad y por ser las más duras y resistentes al agua, fue un material muy aplicado en casi todas las instalaciones industriales, con maquinaria de ruedas hidráulicas, husillos, ejes, etc. (Álvarez 1989, 667). Las primeras construcciones molinares de la Edad Media, hechas de paja y madera, evolucionaron, a veces de forma obligada, hacia otras de teja cerámica y piedra (figura 1).

A partir del siglo XIII, las referencias a hornos cerámicos y las reglamentaciones municipales (Fuero de Zorita, siglo XII) para la medida, calidad y precio de las tejas y ladrillos, demuestran que la fabricación ya se había desarrollado en las grandes ciudades castellano-leonesas. El uso de la piedra predominó, sobre todo, en los molinos de mayores dimensiones, aunque las construcciones más modestas la incorporaron como un elemento para reforzar paredes, abrir puertas, etc. Las vigas de madera procedentes de los bosques cercanos, rara vez superaban los cinco metros de longitud. La cal fue un producto básico para las construcciones bajomedievales, al ser utilizada como aglutinante de los diferentes materiales pétreos

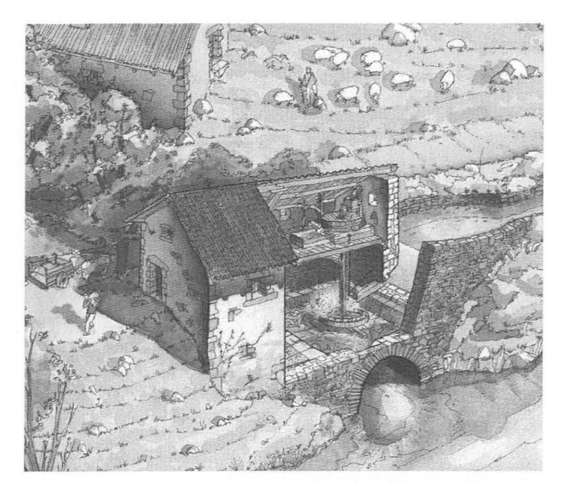


Figura 1
Dibujo esquemático sobre un molino hidráulico medieval de rodezno (Díaz 1998)

y cerámicos usados en las obras de fábrica. Su aplicación estuvo cuidadosamente regulada, y así lo indican varios documentos históricos al establecer diferentes proporciones para la cal según se mezclase con piedra o tierra. De igual modo, cuando se deseaba incrementar la consistencia de un cimiento o de un muro, señalan el agregar más proporción de cal.



Figura 2
Carro transportando materiales de construcción (Cantigas de Sta. María de Alfonso X el Sabio, siglo XIII)

Otro factor a tener en cuenta, fue la distancia con respecto a la cantera donde se obtenía el material pétreo. El coste del acarreo (figura 2) podía encarecer desproporcionadamente cualquier actividad arquitectónica, hasta el punto de hacerla impracticable. Por ello, en todos los casos estudiados puede observarse cómo la litología de la fábrica denota siempre un origen local, es decir, que se trabajaba con los materiales más cercanos al solar donde se desarrollaba la obra. Los muros perimetrales eran habitualmente de mampostería, en muchos casos también se utilizaba el sillarejo y, a veces, la sillería. Los vanos y los esquinales, en la mayor parte de las torres, eran los elementos que recibían un tratamiento más cuidado, normalmente con remates de sillería.

La técnica constructiva de los molinos bajomedievales, responde habitualmente a los parámetros de una sencilla labor artesanal en piedra y madera. El trabajo en equipo de maestros albañiles (figura 3), canteros, herreros, carpinteros «de lo prieto», etc., en función de los diversos cometidos: levantar obras de fábrica, diseñar estructuras de madera (cubierta, maquinaria...), etc., y los materiales utilizados (ladrillos, tejas, cal,

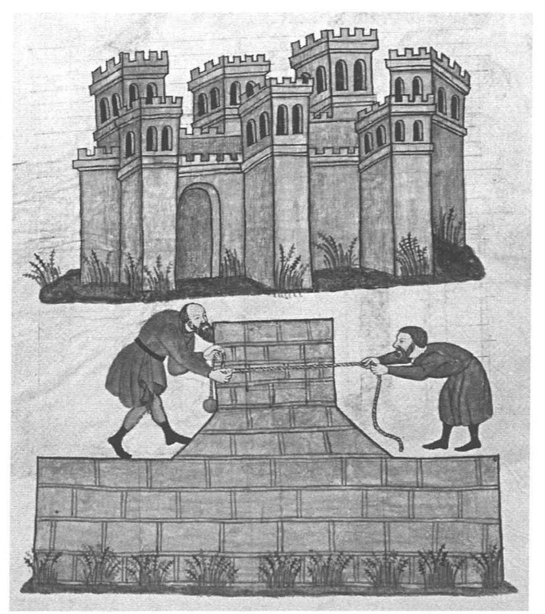


Figura 3
Maestros constructores midiendo un muro medieval de piedra mediante cuerdas (Biblia de Alba 1430)

arena, piedra, hierro y madera). Generalmente, los materiales usados fueron deleznables y de poca consistencia que debían ser cambiados con frecuencia, sobre todo la madera, cuyas estructuras podían pudrirse fácilmente al estar bajo ambientes acuosos o húmedos. Debido a ello, las ordenanzas de los carpinteros de la ciudad de Murcia, por ejemplo, regularon en 1394 los meses para cortar la madera: «desde septiembre a diciembre, con el fin de que dicho material estuviese bien seco». Respecto a las técnicas de cimentación, durante la Edad Media se aplicó siempre la piedra, tanto en las grandes edificaciones como para las viviendas más humildes. En el periodo bajomedieval se utilizaron muy a menudo los cimientos de sillarejos irregulares de piedra caliza con mortero de cal y unas dimensiones inferiores a los 50 cm de longitud horizontal y 30 cm de altura. Sí hubo una gran variedad en cuanto a la sillería de cimentación: disposiciones, materiales, etc. Asimismo, los cimientos árabe-andalusíes, que combinaron sillares de gran tamaño dispuestos a tizón con rellenos de cantos rodados, arenisca, etc., fueron muy distintos a los empleados en las obras cristianas, exentas de rellenos.



Figura 4
Molino El Algarrobo, en Alcalá de Guadaíra, Sevilla (Archivo BIC provincia de Sevilla 2011)



Figura 5
Hacienda Torre de Doña María en Dos Hermanas, provincia de Sevilla (Gabriel Gamiz 2010)

Los molinares fortificados de la frontera cristiano-andalusí

Las torres y murallas deben ser consideradas como una parte más dentro de un sistema construido, compuesto por varios edificios que funcionaban unitariamente. Así, torres, molinos, iglesias o mezquitas, ferrerías, puentes, etc., a partir del nexo común que suponen el territorio y las vías de transporte, constituyeron durante la Baja Edad Media un todo uno, motivado por los frecuentes cambios de frontera entre al-Andalus y los reinos cristianos de la Península Ibérica. Debido a ello, ciertos molinos aparecen asociados a una torre almenada con una supuesta función defensiva o de refugio para los propios molineros u otros pobladores cercanos, que normalmente se unieron a otras edificaciones adicionales de menor altura. Como ejemplos, pueden citarse algunos molinos hidráulicos ubicados en Alcalá de Guadaíra (Sevilla): El Algarrobo (figuras 4), de las Aceñas y de Realaje, o la hacienda Torre de Doña María (figura 5) y la de Quintos, ambas almazaras pertenecientes al municipio sevillano de Dos Hermanas. La litología de la cuenca del Guadalquivir, hizo que se utilizara el mismo material para la edificación de dichos molinos fortificados: el adobe, la piedra y el tapial, que, junto a los ripios-contrafuertes de algunos ejemplares, aluden a una posible influencia mudéjar sobre los mismos.

En tiempos de al-Andalus, fueron comunes los materiales constructivos fabricados mediante procesos físico-químicos, a partir de otros naturales (arcilla) o ya elaborados (cal), empleados para levantar muros de ladrillo, tapial o mampostería. Con respecto a la piedra, lo habitual es que procedieran del mismo terreno en donde se ubicaba la edificación o de sus proximidades. Las areniscas calcáreas fueron

muy utilizadas en construcciones de cierta importancia, por tratarse de una piedra resistente, ligera y fácil de labrar y transportar sobre carretas. Los molinos árabe-andalusíes, que luego fueron reutilizados por los cristianos tras la Reconquista, operaron, pues, con los materiales pétreos existentes en cada zona geográfica y de acuerdo a sus posibilidades de utilización. Muchos molinos actuaron también como edificaciones militares en las zonas de frontera cristiano-andalusí, los cuales usaron técnicas constructivas de tipo mixto, donde se unificaron los elementos pétreos (zócalos, almenas...) y los materiales cerámicos (adobe, ladrillo...), formando aparejos de sillares, muros de mampostería o tapial, etc. (Malpica 1998).

La mayoría de los muros eran levantados mediante una base de mampostería, hasta unos 50 cm de altura y usando piedras irregulares, pedernales y/o calizas de tamaño medio trabadas o no con argamasa de cal o mezcla de barro, que tendían a componer hiladas horizontales. Los espacios vacíos que se formaban entre los elementos pétreos de mayor tamaño se rellenaban con ripios o guijarros. Lo más habitual fue disponer los mampuestos en hiladas regulares más o menos horizontales, ripiando cuando fuese necesario para guardar el equilibrio del muro. A continuación, sobre dicho zócalo, se disponía el tapial de tierra pisoneada, con mortero de cal-arena o barro, en el interior de un cajón desmontable de madera (encofrado), junto a una pequeña porción de material cerámico, escorias y, mayormente, grava (cantos rodados), que actuaban como aglutinantes. Los paramentos podían ir careados o enlucidos con una mezcla casi dura de arena y cal, a la que, a veces, añadían yeso y otras arcillas. Este revestimiento tenía dos finalidades: embellecer la construcción y protegerla, impermeabilizándola y aislándola de los procesos erosivos naturales ocasionados por el viento, la lluvia y el Sol. Por lo general, estas capas de adorno y resguardo han desaparecido de los molinos medievales, conservándose sólo partes desnudas de los muros primitivos.

El Molino del Cubo en Torredonjimeno (Jaén) fue un edificio harinero fortificado (figura 6), compuesto por un solo empiedro para realizar la molienda, lo cual estaba relacionado directamente con las características hídricas del arroyo que lo abastecía. Es el molino de mayor envergadura y el mejor preservado de los edificados por las Órdenes Militares en el sur peninsular. Fue construido por la Orden de Calatrava, junto al arroyo Cubo, en el primer tercio del siglo XV. Se trata de un edificio sólido, debido a su carácter defensivo, cuyos muros fueron levantados con sillarejos. Presenta una planta-base rectangular sobre la que se alzan dos plantas, cuyo piso inferior y superior albergaban, respectivamente, un par de muelas y una gran sala para el almacenamiento de cereales y harinas. La puerta de acceso al molino está definida por un arco de medio punto, sobre la cual puede observarse una losa con caracteres góticos.

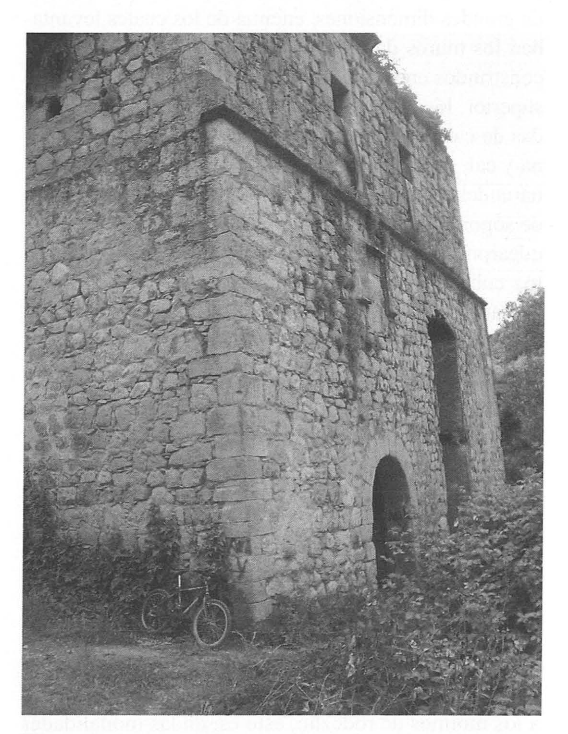


Figura 6
Molino del Cubo en Torredonjimeno, Jaén (Juan E. Ortega 2010)

De las aceñas árabe-andalusíes a la molinería cristiana de arquitectura románico-gótica

Tras la toma de Sevilla (1248) por las tropas de Fernando III el Santo, los documentos históricos llaman molinos a las aceñas árabes de las tierras recién cristianizadas, pero éstas no fueron erradicadas en al-

Andalus tras la Reconquista, sino reestructuradas a molinos de rodezno. Sin embargo, sí continuaron aquellas aceñas ubicadas en ríos caudalosos, como lo es el río Guadalquivir a su paso por las provincias de Córdoba y Sevilla.

Las edificaciones de aceñas formaron, a veces, molinares alineados transversalmente respecto a la corriente hídrica, compuestos por cuerpos independientes o cubos, cada uno de los cuales quedaba cimentado totalmente sobre lecho fluvial. Para ello, aplicaron estructuras de cimentación formadas por bloques pétreos de grandes dimensiones, encima de los cuales levantaban los muros de carga correspondientes a los cubos, construidos en piedra de sillería revocada. Por su parte superior, los cubos quedaban cerrados mediante bóvedas de cañón realizadas en piedra con mortero de arena y cal, sobre las que descansaba el suelo y la maquinaria del molino. Estos molinos tenían que ser capaces de soportar los empujes hidráulicos, para lo cual se arquearon los muros a contracorriente o aguas arriba de los cubos, formando remates apuntados parecidos a los tajamares de los puentes, facilitando así el tránsito de agua con la mínima tensión (N/m^2) sobre la estructura sub-fluvial de la obra. Generalmente, los distintos cubos quedaban intercomunicados entre sí mediante arcos rebajados hechos de piedra, que apoyaban sobre las fábricas de los muros laterales, configurando un verdadero puente cuyas pilas eran los cubos de las propias aceñas.

Es lógico pensar que la sustitución de los molinos de álabes o rodezno por las aceñas, en tierras ibéricas meridionales, fue una consecuencia más de los procesos de repoblación cristiana. Durante todo el siglo XV, se produjo una gran expansión hacia el sur peninsular de las técnicas hidráulicas correspondientes a los molinos de rodezno, esto es, en las modalidades de cubo, canal y, por último, de regolfo. Asimismo, fueron erigidas también aceñas cristianas de nueva planta, siendo claros ejemplos los molinares ubicados en el río Duero a su paso por las provincias de Valladolid y Zamora, como las aceñas de Olivares (figura 7), con un claro estilo románico, al igual que los puentes cercanos a ellas.

Las fuentes de información medievales traslucen poco acerca de la estructura y el diseño arquitectónico de los molinos hidráulicos en la España cristiana, que sólo indican algunas referencias relativas a los materiales usados para su construcción y la maquinaria instalada. Solían ser edificios poco sólidos, remozados cada cierto tiempo, que tomaban el aspecto de casas tradicionales, con tejado a un agua o a dos, cuya estructura de cubierta la formaban troncos de madera (encina o pino), sobre la cual se disponía una capa de cañas, paja y barro, más teja cerámica como material de cobertura exterior. El edificio se levantaba sobre cimientos de mampostería pétrea, de la que arrancaban los pilares y/o muros de carga, con una sola puerta de acceso principal y un estrecho vano a modo de saetera. El interior de la casa molinera, se componía de dos pisos, uno inferior, llamado cubo, donde se alojaba el mecanismo, formado por engranajes, ruedas hidráulicas, ejes, etc., para el suministro energético al molino, cuya cubierta solía ser de arcos apuntados o de medio punto, más otro piso superior que formaba una gran sala rectangular en la cual se realizaba la molturación de los cereales, el abatanado de paños, etc.

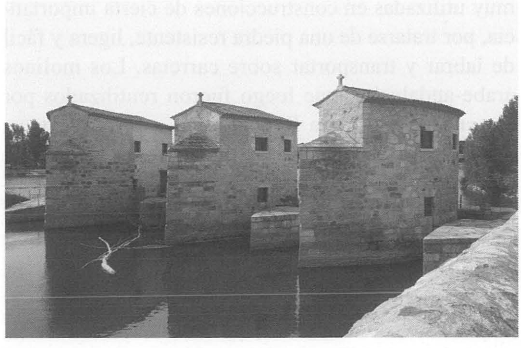


Figura 7
Aceñas de Olivares en Zamora (Tamorlan 2012)

Los molinos bajomedievales de cubo en Fregenal de la Sierra (Badajoz) fueron edificados usando materiales típicos de dicha zona geográfica. Los muros están hechos en mampostería de piedra basta con cal procedente de los hornos locales. Las jambas y dinteles de los vanos están resueltos con refuerzos de piedra o capialzados de ladrillo cerámico. Las cubiertas fueron construidas a un agua, usando una estructura de madera y teja cerámica como material de cobertura. Su distribución interior obedece a las necesidades propias de la molinería: sala de molienda más almacén. (López 2011).

Un caso singular es el molino subterráneo de La Mina (figura 8) en Alcalá de Guadaíra (Sevilla). La construcción original, que data del siglo XV, se dispone bajo dos espacios arquitectónicos distintos: uno

abovedado y otro excavado en la misma roca natural. Su empiedro, formado sólo por un par de muelas, era movido mediante la fuerza hidráulica procedente de una galería de agua subterránea, de las muchas que recorrían el subsuelo de Alcalá, cuyo recurso hídrico fue incluso transportado a Sevilla, mediante los Caños de Carmona, para su consumo humano.

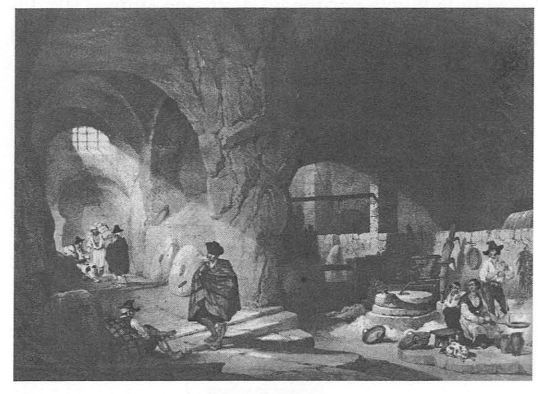


Figura 8
Molino de la Mina en Alcalá de Guadaíra, según grabado anónimo romántico de la primera quincuagena del siglo XIX

Legislación bajomedieval sobre la construcción de molinos

En el Medievo, la legislación sobre construcción de molinos fue abundante, siendo quizá la más completa la del Fuero de Cuenca (siglos XII-XIII). Este documento especifica, por ejemplo, el ancho mínimo del camino de acceso al molino y el modo de construir los caces o canales para tomar el agua. Establece, además, que se debían colocar señales para detectar las inundaciones provocadas por otros molineros y señala sanciones para los que causasen daños. De otro lado, este mismo Fuero, que ostentaba en la práctica el monopolio sobre los materiales de construcción, ordenó expropiar molinos a favor del Concejo para evitar que propietarios particulares pudiesen alterar su buen funcionamiento (González 2008, 116).

Aunque los molinos eran construcciones orientadas a la elaboración industrial de alimentos y otros productos demandados por la sociedad, fueron además un símbolo del poder señorial y eclesiástico, por lo que muchos formaban parte de los monopolios nobiliarios, abades, etc. Debido a ello, cada zona geográfica tuvo una normativa específica para «regularizar» la instalación y el funcionamiento de los mismos. Un caso de frecuentes litigios lo constituyó la reparación de los molinos que pertenecían a varios propietarios, lo que generalmente provocaba disputas entre sus dueños. Respecto a ello, el Fuero de Soria (siglo XIII) legisló a favor de quienes preferían reconstruir un molino, invalidando los derechos de los propietarios que no deseaban repararlo.

Innovaciones tecnológicas en la molinería del Medievo

Las máquinas medievales trabajaban gracias a cuatro ingenios de madera diferentes: la rueda hidráulica, el tornillo, la leva y la biela. Ninguno de los citados fue un artefacto de origen medieval, pero su empleo, por las noticias que se disponen, fue generalizado durante aquel periodo histórico (Azurmendi 2001, 42). Fueron instrumentos mecánicos que a día de hoy son reconocidos como sencillos, y hasta evidentes, pero para la sociedad medieval supusieron la primera revolución energética (García 2008, 314), debido a sustituir la potencia humana por un mecanismo, a veces auxiliado por la fuerza de tiro animal (noria de sangre). La instalación de tales artefactos, todos ellos aplicados a la molinería, estuvo a cargo de los maestros de molinos, una especie de ingenieros prácticos agrupados en los gremios de los maestros constructores.

La expansión socio-económica bajomedieval hizo que, del siglo XII al XV, numerosos molinos de agua y de viento se instalaran en las zonas agrícolas y urbanas más prósperas, para la molturación de cereales o frutos, pero también destinados a realizar diversas operaciones industriales: fabricar papel, abatanar paños, obtener pólvora, fundir metales…

Las referencias históricas medievales a los molinos de viento son muy posteriores a las de molinos hidráulicos. El molino de viento medieval estaba formado básicamente por tres partes: el edificio, en la mayoría de los casos cilíndrico y de mampostería, la maquinaria de molienda y de transmisión (engranajes de madera) que se ubicaban en su interior, justo debajo de la cubierta, y el sistema externo de aspas y ejes, cuya función era captar la fuerza eólica natural y, mediante su movimiento circular, hacerla transmitir a todo el conjunto mecánico, realizando así el co-

metido industrial para el que fue diseñado el molino. (Moreno y López 2012).

En España, el origen de los molinos de viento, como máquinas capaces de producir energía mecánica, tuvo lugar del siglo XI al XII, por medio de la civilización árabe-andalusí, llegando hasta la mitad sur de la Península Ibérica y dando lugar a una tipología claramente distinguible de artefacto eólico mediterráneo. Este primer prototipo de molino de viento medieval, con su característico rotor a vela, se utilizó para moler cereales y bombear agua en toda la extensión de al-Andalus. La torre solía ser cilíndrica, con gruesos muros de mampostería ordinaria y mortero, casi siempre revocados y encalados, que podían proporcionarle alturas de hasta ocho metros.

Las aceñas medievales fueron construcciones fluviales que se caracterizaron por presentar una rueda de gran tamaño y vertical, parcialmente sumergida en el río, que transfería su movimiento, mediante un eje horizontal, a otra rueda dentada vertical. Esta última, denominada «catalina», engranaba sus dientes angularmente con una pieza cilíndrica, llamada «linterna», la cual quedaba ensamblada con un eje vertical que transformaba el giro de la rueda en un movimiento rotacional de las piedras o muelas volanderas (figura 9).

Figura 9
Esquema de la maquinaria interior en un molino de rueda hidráulica vertical (aceña) (dibujo anónimo s/f)

A diferencia de las aceñas, los molinos de canal se construían fuera de la corriente hidráulica, pero muy cercanos al cauce fluvial. El agua se reconducía desde una represa, por medio de un canal inclinado, hasta la dependencia inferior del molino donde se ubicaba el rodezno. Allí, controlado por una compuerta, el chorro salía en caída libre a la presión atmosférica y caía sobre la rueda horizontal, haciéndola girar y moviendo la muela por medio de un eje (figura 10). Finalmente, una vez girado el rodezno, el agua salía del molino, por medio de otro canal, para volver al cauce de origen.

Los molinos de cubo (figura 11) empleaban los mismos mecanismos que los de canal, pero acumulaban el agua en un depósito con forma de torre hasta su llenado, para luego ser vaciado de golpe sobre la rueda horizontal. Este sistema permite lograr la mis-

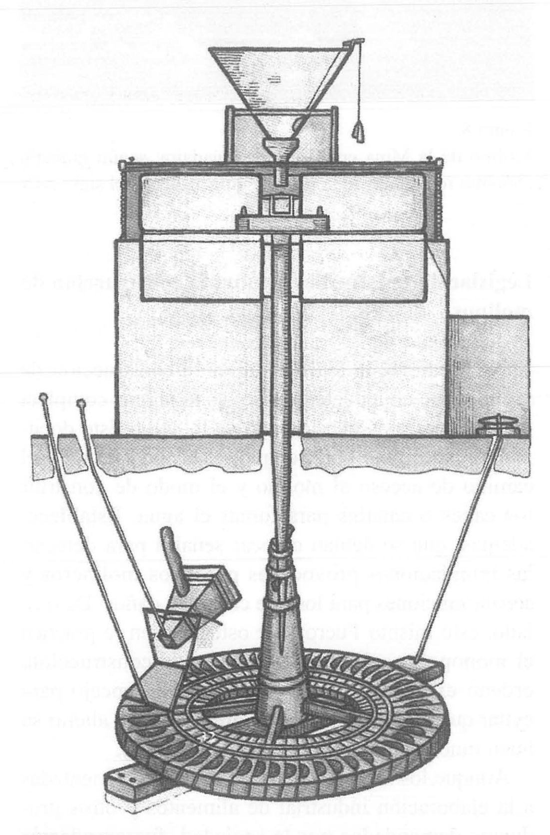


Figura 10
Esquema de la maquinaria interior en un molino hidráulico de rodezno (R. Córdoba de la Llave 2002)

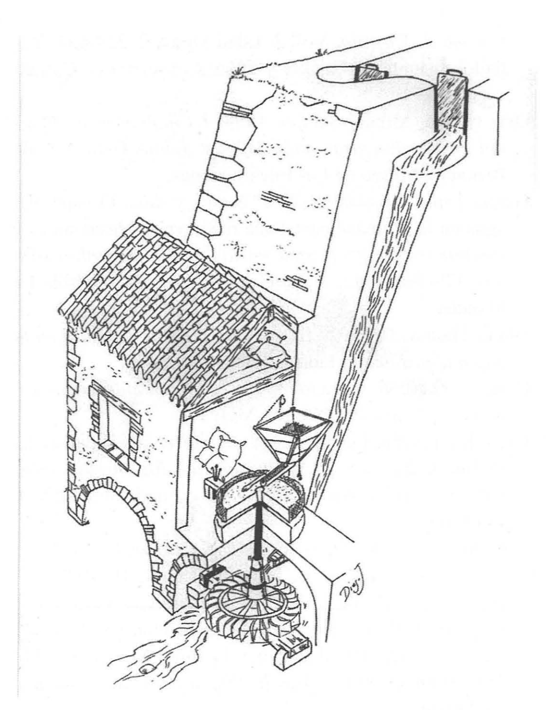


Figura 11
Molino harinero medieval de cubo (dibujo de Diego J. Sánchez Guerra 2010)

ma potencia que la generada por los molinos de canal, pero empleando menores caudales. Debido a ello, fueron apropiados para todas aquellas zonas con escasez de agua. Los cubos eran construidos bajo diversas formas geométricas: prismáticos, cilíndricos, etc., y presentaban un mayor grosor en la base para resistir la presión hidráulica.

La tecnología utilizada por los molinos destinados a elaborar aceite de oliva fue aplicada, con idéntica maquinaria, para otros fines agroalimentarios, tal y como sucedió en los ingenios azucareros implantados por los árabes a partir del siglo X y continuados durante la Edad Moderna. Por otro lado, las almazaras tuvieron variantes energéticas para el proceso destinado a la molturación de las aceitunas, es decir, que junto a los molederos de tracción animal coexistieron otros de accionamiento hidráulico e incluso mixtos, bien readaptados a tal fin o aprovechando el fundamento técnico de aceñas y molinos hidráulicos de rodezno ya existentes (López y Moreno 2013). Tal y como escribe D. Ignacio González Tascón (1992), la conversión de las almazaras de sangre a hidráulicas pudo realizarse muy fácilmente acoplando a su artefacto molturador una rueda de agua vertical u horizontal, cuya modificación tecnológica-energética ya fue aplicada por los árabes en la España medieval de al-Andalus (figuras 12 y 13).

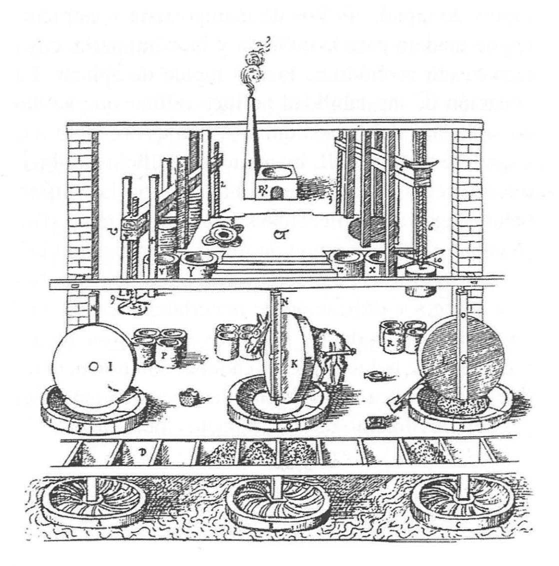


Figura 12
Almazara de accionamiento mixto hidráulico (rodezno) y animal (P. Lastanosa siglo XVII)

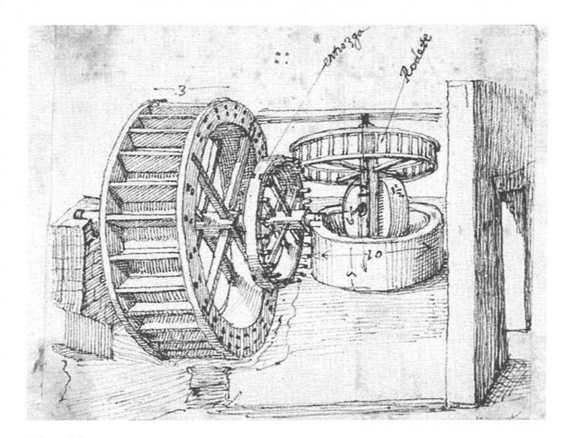


Fig. 13
Rueda de aceña para mover un moledero de aceitunas (P. Lastanosa siglo XVII)

Conclusión

Las técnicas constructivas empleadas en los molinos del siglo XI al XV fueron fáciles de realizar por hombres no plenamente cualificados y sin aplicar grandes gastos para su edificación. La molinería bajomedieval, y especialmente la de raigambre árabe-andalusí, tuvo preferencia por las edificaciones con muros de tapial, zócalos de mampostería y estructuras de madera para la cubierta y la maquinaria, cuya técnica era económica, fácil y rápida de aplicar. La situación de inestabilidad político-militar que se dio en la cuenca del Guadalquivir a finales del siglo XII y durante todo el XIII, hizo que los edificios molinares unificaran la función industrial con la militar, dando lugar a fortificaciones que servían tanto para producir alimentos como de torres defensivas o vigías. Las industrias bajomedievales, en lo que se refiere a energía y utilización de materiales, fueron unos complejos de madera y piedra que utilizaron fundamentalmente la fuerza de tiro animal o la potencia hidráulica y eólica que ofrecían los recursos naturales para el movimiento de sus artefactos mecánicos.

Lista de referencias

Álvarez Llopis, M. Elisa. 1989. «El molino hidráulico en la sociedad hispano medieval, s. X-XIII». *El agua en zonas áridas: arqueología e historia*. Almería: Diputación de Almería.

Azurmendi Pérez, Luis. 2001. «Energía, máquinas y territorio. Tecnología medieval». *Villas al mar. Ciudades medievales*, 36-47. Santander (Cantabria): Asociación Tajamar.

Córdoba de la Llave, Ricardo. 2002. «Las técnicas preindustriales». *Historia de la Ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla*, Vol. 2: Edad Media 2, 223-434. Valladolid: Junta de Castilla y León, Consejería de Cultura y Turismo.

Díaz García, Miguel Sabino. 1998. *La molinería tradicional en Las Encartaciones*. Bilbao: Juntas Generales de Bizkaia y Museo de Las Encartaciones.

García Tapia, Nicolás. 2008. «Técnica y usos. El papel del agua en la sociedad castellana medieval». *Musulmanes y cristianos frente al agua en las ciudades medievales*, 307-330. Santander: PUbliCan y Universidad Castilla-La Mancha.

Glick, Thomas F. 1992. *Tecnología, ciencia y cultura en la España medieval*. Madrid: Alianza Editorial.

González Tascón, Ignacio. 1992. *Fábricas hidráulicas españolas*, 2ª edición. Madrid: MOPT.

González Tascón, Ignacio. 2008. «La difusión medieval del molino hidráulico». *Ars Mechanicae. Ingeniería medieval en España*. Madrid: CEDEX y Fundación Juanelo Turriano.

Lastanosa, P. J. de. Siglo XVII. *Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas*, Tomo III, Libro XIII. BDH.

López Gálvez, M. Yolanda y Alberto Moreno Vega. 2013. «Estudio histórico-técnico sobre las almazaras hidráulicas españolas del Medievo y la Edad Moderna». *XVI Simposium Científico-Técnico Expoliva*. Jaén: Fundación del Olivar.

López Romero, María. 2011. «Conjunto de molinos de cubo en Fregenal de la Sierra». *VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Malpica Cuello, Antonio. 1998. «Las técnicas constructivas en al-Andalus. Un debate entre la Arqueología y la Arquitectura». *Técnicas Agrícolas, Industriais e Constructivas na Idade Media*, 277-336. Celanova (Orense): Andavira.

Moreno Vega, Alberto y M. Yolanda López Gálvez. 2012. «Los molinos como impulsores de la industria medieval: ingenios para la obtención de alimentos». *8º Congreso Internacional de Molinología*. Tui (Pontevedra): ACEM.

Estado de conservación, mantenimiento y reparación de las iglesias entre los siglos XVI y XVIII

Jordi Morros Cardona

A mediados del siglo XVI el territorio cristiano contaba con un numeroso grupo de iglesias en uso. Algunos de estos edificios habían sido construidos hacía varios siglos y eso planteaba a menudo problemas relacionados con su conservación y mantenimiento.

En ese preciso momento el gobierno eclesiástico católico se encontraba inmerso en un movimiento oficial de reforma interna del clero y de la curia romana. El *Concilio de Trento* (celebrado entre 1545 y 1563) fue el foro de discusión más destacado y se centró fundamentalmente en aspectos espirituales y litúrgicos, aunque también dedicó parte de sus debates a definir algunas directrices relacionadas con las expresiones artísticas religiosas y con la iconografía, con el objeto de que el arte (y la arquitectura) se convirtieran en un potente instrumento propagandístico de la reforma católica.

En este sentido, el decreto tridentino reforzó la responsabilidad de los obispos católicos sobre la conservación de los edificios religiosos existentes. A pesar de ello, las referencias específicamente relacionadas con la arquitectura y su mantenimiento fueron muy escasas, limitándose a establecer el compromiso de que los obispos supervisasen el estado de conservación de las iglesias, y de que se preocupasen de su reparación, en el caso en que fuera necesario. La transmisión y adopción de las determinaciones conciliares de Trento fue progresiva, a través de varios concilios y sínodos territoriales, durante las décadas posteriores.

Las instrucciones de conservación y mantenimiento del arzobispo Carlo Borromeo

Uno de los participantes en el Concilio fue el arzobispo milanés Carlo Borromeo (1538-1584). Borromeo aplicó con celo y convencimiento las directrices tridentinas, promovió la celebración de los Concilios Provinciales Milaneses de 1565 y 1576, y redactó el año 1577 unas Instrucciones específicamente centradas en la aplicación del decreto tridentino a la arquitectura sacra.

Las «*Instrucciones de la fábrica y del ajuar eclesiásticos*» fueron redactadas después de comprobar personalmente el estado heterogéneo de conservación y las dificultades de mantenimiento de las iglesias de su arzobispado, y como consecuencia de la gran cantidad de indicaciones que se vio obligado a dictar después de las visitas pastorales. Borromeo ejerció, desde 1565 y hasta pocos años antes de fallecer, activamente como visitador pastoral de algunas de las diócesis del arzobispado de Milán, y también impulsó y supervisó personalmente la construcción, reparación y reforma de algunas de sus iglesias.

A partir de este contacto directo con las dificultades cotidianas de la conservación y gestión del patrimonio eclesiástico, Borromeo decidió escribir un tratado con pautas estéticas, funcionales y de conducta, que sirviese de guía de apoyo para todos los párrocos y religiosos encargados de gestionar y conservar las iglesias. Analizando el contenido arquitectónico de estas Instrucciones, se pueden apreciar notables coin-

cidencias con algunas indicaciones incluidas en el tratado «*De re aedificatoria*», escrito por el célebre arquitecto renacentista Leon Battista Alberti entre 1443 y 1452, tal como veremos más adelante[1]. Esta circunstancia nos indica que, a pesar de que Borromeo no citase a Alberti explícitamente como una de sus fuentes, las evidencias parecen indicar que conoció directa o indirectamente el contenido del tratado renacentista.

Las Instrucciones de Borromeo fueron redactadas originalmente en milanés, un dialecto lombardo, para facilitar la difusión local dentro de su arzobispado. Pero cuatro años después de la muerte de Borromeo, en 1588, el cardenal Orsini impulsó su traducción al italiano, para facilitar su conocimiento más allá de Milán. En 1595 apareció la primera de varias ediciones en latín, de manera que su difusión se extendió progresivamente por todo el territorio cristiano durante los siglos XVII, XVIII y XIX, apareciendo una traducción al francés y al inglés en 1857. No se conoce ninguna edición española hasta el siglo XX, aunque el conocimiento habitual del latín por parte del clero peninsular, así como el domino español de Milán hasta el inicio del siglo XVIII permitieron la difusión de ejemplares en latín de las Instrucciones con anterioridad.

La mayor parte de las Instrucciones de tipo arquitectónico tienen que ver con recomendaciones ornamentales y estilísticas que no se han tomado en consideración en la presente investigación documental. Hay que considerar que las Instrucciones relativas al conocimiento técnico constructivo sobre el estado de conservación y las pautas de mantenimiento y reparación de las iglesias son escasas, pero suficientemente precisas como para hacernos una idea de las principales preocupaciones existentes en ese momento.

Consideración de la cubierta como un elemento fundamental para la estabilidad estructural

El texto de Borromeo transmite claramente la convicción de que la estructura de la cubierta ligaba estructuralmente el coronamiento de las iglesias y, por lo tanto, asumía una contribución sustancial en la estabilidad del conjunto: «Y ya que debe tenerse gran cuenta del techo porque protege a todo edificio, porque si éste está mal confeccionado y mal sostenido, la madera se pudre, se tambalean las paredes e insensiblemente se debilita toda la estructura...» (Borromeo 1577, Capítulo V).

Veamos la extraordinaria coincidencia de este fragmento de las Instrucciones con un párrafo del tratado De re aedificatoria: «La utilidad de la techumbre es la primera y más importante de todas… rechaza la noche, la lluvia y sobre todo el sol abrasador. Quita el tejado: la madera se pudrirá, el muro de tambaleará, los costados se cuartearán y, por último, la estructura en su conjunto se vendrá poco a poco abajo…» (Alberti 1485, Libro I).

Se debe considerar que tanto el arzobispo milanés como el arquitecto genovés se referían explícitamente al sistema constructivo basilical con techos de madera ampliamente extendido en Italia y también en la península ibérica. Borromeo también incluyó en sus Instrucciones un párrafo explicando la vulnerabilidad frente al fuego de los techos de madera, por lo que sugirió las cubriciones con bóveda de obra de fábrica como alternativa: «…según la costumbre de los lugares no será extraño que (los techos) se hagan abovedados, para que los edificios estén más a salvo de incendio, como en efecto se aprecian techos con obra abovedada en basílicas insignes y antiguas de la urbe y de la provincia milanesa» (Borromeo 1577, Capítulo V).

Nuevamente podemos encontrar un paralelismo con el tratado renacentista de Alberti: «…Una cubierta abovedada será más segura frente a los incendios, una arquitrabada resultará menos vulnerable frente a los terremotos; pero, por el contrario, la primera es más duradera, la segunda más hermosa de aspecto…» (Alberti 1485, Libro V).

Recomendaciones referentes a los campanarios

Borromeo recomendaba la ejecución del nivel de forjado inferior de los campanarios mediante bóveda de obra de fábrica, los sucesivos niveles de forjados superiores con diafragmas de tablones de madera, y la cobertura del techo del campanario nuevamente con bóveda de obra de fábrica. El arzobispo milanés no justifica en sus Instrucciones esta recomendación, la cual probablemente podría corresponder a una buena práctica constructiva y estructural habitual en aquel momento: «Tengan los tablados (o forjados) cuantos el mismo (arquitecto) haya juzgado; el fondo abovedado; los demás superiores confeccionados con ta-

blas firmes, y lo alto igualmente con obra abovedada» (Borromeo 1577, Capítulo XXVI).

En el mismo capítulo se recomienda facilitar el ascenso para el mantenimiento del campanario con escaleras de caracol, o de cualquier otra forma, construidas con piedra o bien con madera. También se recomendaba que el campanario se construyese en los pies de la nave «por la mano derecha del que entra, y de tal modo desunida de toda otra pared, que pueda circundarse» (Borromeo 1577, Capítulo XXVI). Esta recomendación tampoco quedaba justificada, siendo atribuible aparentemente a argumentos tipológicos, compositivos y formales propios del contexto italiano. En este sentido podemos recordar la extensa tradición de torres campanario aisladas románicas italianas, así como el conocimiento empírico de los desequilibrios estructurales producidos en estos elementos constructivos.

En los casos de iglesias modestas en las cuales no se pudiese disponer de medios suficientes para construir un campanario, se admitía la posibilidad de que las campanas de colocasen en una espadaña, de tal manera que la cuerda tractora atravesase la bóvedas de la iglesia sin perjudicar la obra de fábrica «a través de un tubo lígneo insertado en la bóveda» (Borromeo 1577, Capítulo XXVI).

Reducción del riesgo de aparición de filtraciones en las vertientes de las cubiertas

Borromeo era consciente de la vulnerabilidad de los sistemas constructivos habituales de lata por canal o similares frente al riesgo de filtraciones, ligado a la exposición continuada a los agentes atmosféricos y a la falta de un mantenimiento adecuado. En este sentido, las Instrucciones incluyen la recomendación de apoyar las tejas de la cubierta sobre una capa de baldosas o rasillas cerámicas que debían constituir un plano continuo en las vertientes de las cubiertas, para facilitar la escorrentía natural en el caso de filtraciones superficiales debidas al desencaje entre tejas: «Además para que las mismas (cubiertas) no puedan ser penetradas por goteras a causa de la lluvia, si por casualidad alguna vez las tejas o canales se echan a perder, en su cima, la cual descansará en las trabes del techo, empléese una estructura o coraza de ladrillos con gruesos prominentes, que también ayudará al saledizo del techo» (Borromeo 1577, Capítulo XXVI).

En este caso también podemos encontrar una referencia coincidente en el tratado de Alberti: «...En los techos de madera en lugar de tablas se extenderán tablillas de tierra cocida a los cuadradillos correspondientes ligados con yeso, sobre estas tablillas se extenderán las (tejas) canales planas y se afirmarán con cal... esta obra es muy segura contra los fuegos y muy acomodada para el servicio de los moradores...» (Alberti 1485, Libro III).

Protección de la incidencia del agua de lluvia en los muros

El arzobispo milanés incluyó en sus Instrucciones la precaución sobre la protección de la incidencia del agua de lluvia en los muros, tanto en su base como en su coronamiento. En este sentido Borromeo recomendó la incorporación de aleros perimetrales en las cubiertas, así como la incorporación de pavimentos exteriores adyacentes a los muros, para tratar de reducir al máximo la afectación del agua de lluvia en los muros y las cimentaciones: «...deberá emplearse esta precaución: que de tal modo se haga un saledizo en el techo, con el cual se aparten las goteras de la parte baja de las paredes, o queden lejos; y que esto se haga apta y decentemente, en la medida que se pueda con determinada obra de estructura, con el cuidado del arquitecto. Igualmente para que alguna vez las paredes no reciban detrimento en los canalones por causa de goteo durable, sus cimientos, cuando apenas empiezan a levantarse de la tierra, sean aplanados con pavimentos de piedra bien consolidados, acabados alguna vez más ampliamente que el canalón; pero entonces la tierra acumulada apártese lejos de allí para siempre» (Borromeo 1577, Capítulo V).

Esta preocupación también aparece descrita en el tratado de Alberti, en términos similares. El arquitecto genovés dedicó en su obra De re aedificatoria varios párrafos detallados sobre la importancia de la protección de los muros y cimentaciones respecto de la incidencia directa del agua de lluvia, de los cuales se incluye a continuación una breve síntesis: «Conviene que las salidas del humo y de las aguas estén expeditas y de tal modo canalizadas que ni humo ni agua puedan estancarse, rebosar, manchar, molestar ni poner en peligro al edificio... Y me parece que (los arquitectos experimentados) procuraron sobre todo alejar y apartar el agua de lluvia lejos del edificio,

aparte de las demás razones, para que no se cogiera humedad el suelo en que se asentaba el edificio» (Alberti 1485, Libro III).

Protección de la entrada de agua de lluvia a través de las aberturas

Borromeo destacó la necesidad de prestar atención a la protección de la entrada de agua de lluvia a través de las ventanas de las iglesias. A tal efecto recomendaba disponer de un antepecho con pendientes hacia el exterior, formado por un material poco poroso que facilite la escorrentía y reduzca al máximo la absorción de agua: «...sea prominente (la ventana) por fuera un poco en declive desde la parte inferior, recubierta con obra de ladrillo o con una tabla sólida de mármol o bronce, de tal modo que el agua se desvíe completamente hacia afuera; hacia adentro, en cambio, ni siquiera una gota penetre» (Borromeo 1577, Capítulo VIII).

En otro párrafo de las Instrucciones arzobispales se da a entender de la existencia habitual de filtraciones de agua exterior en las ventanas, cuando se enumeran los lugares poco convenientes para situar una pintura de temática religiosa: « Pero una sacra imagen, también en la iglesia, ni se reproduzca en la tierra;...ni bajo las ventanas, de donde alguna gota de lluvia pueda caer» (Borromeo 1577, Capítulo XVI).

Recomendación de iluminación y ventilación natural a través de las aberturas

Encontramos dentro de las Instrucciones de Borromeo referencias reiteradas sobre la necesidad de garantizar una adecuada iluminación y ventilación natural del interior de las iglesias, especialmente dentro del capítulo VIII dedicado específicamente a las ventanas: «En la capilla mayor, y además en cada una de las menores, según su magnitud y medida, por uno y otro lado háganse (las ventanas) igualmente de tal modo que por todas partes se suministre luz...Pero de cualquier género u obra sean, sin embargo (las ventanas) deben ser de tal modo que alguna vez puedan abrirse o moverse para las exhalaciones de todo vapor encerrado en el ámbito de la iglesia o de la capilla» (Borromeo 1577, Capítulo VIII).

En el caso de la sacristía de las iglesias, se recomienda la orientación de los muros exteriores a este y a sur, así como la disposición de ventanas en fachadas confrontadas, para facilitar de este modo la ventilación natural cruzada, sin olvidar las oportunas rejerías de protección: «Al respecto, toda sacristía mire completamente hacia el oriente hacia el mediodía, hasta donde esto sea posible. Pero constrúyase de tal modo que con la construcción de aquél no se quite la luz a la misma capilla mayor. Tenga dos ventanas más, y las mismas, donde se pueda, que queden una enfrente de otra y sobre todo por el lado derecho y por el izquierdo a fin de que teniendo por donde salga el aire, su lugar no sea húmedo, ni uliginoso; pero si hay la tal humedad, de ahí, abiertas alguna vez las ventanas, se dé afuera. Las tales ventanas cérquense y protéjanse con rejas férreas dobles o al menos sencillas más densas y más firmes, como también con obra de vidrio y de red, como se demostró en la prescrito de las ventanas de la iglesia» (Borromeo 1577, Capítulo VIII).

El tratado de Alberti también incluía indicaciones precisas relativas a los requerimientos de las ventanas en cuanto a la entrada de luz, y a la ventilación, referidas a todo tipo de edificios en general: «... Cometerás un error...si los huecos de las aberturas dieren paso a vientos desagradables, tormentas fastidiosas, a un sol molesto o si, por el contrario procuraren, demasiado estrechas, una incómoda penumbra, si no respetaren la osatura de los muros, si causaren molestias la impractibilidad de los recodos en los pasillos, o zona sucias y desagradables,...» (Alberti 1485, Libro X).

Recomendaciones relativas a los pavimentos

El arzobispo milanés dedica varias menciones a las condiciones de los pavimentos interiores de las iglesias. Por un lado expone la problemática derivada de la proliferación de sepulturas en el interior de las iglesias, y de las consecuencias que ello conlleva en las discontinuidades del pavimento, y en la aparición de olores desagradables originados por la descomposición de los cadáveres: «Para que alguna vez algún tiempo no hiedan los sepulcros ciérrense con cubierta doble, la cual, cuadrada o de otra forma decente, según la proporción del lugar, sea de piedra sólida, pero de tal modo que entre una y otra se deje algún espacio; y la cubierta inferior constrúyase con piedra

tosca; la superior, de piedra pulida, igual al pavimento de la iglesia, el cual únase aptamente por todos lados a la boca sepulcral» (Borromeo 1577, Capítulo XXVII).

Por otro lado, Borromeo describe como una práctica habitual la ejecución de pavimentos de tarima de madera directamente apoyados sobre el terreno en las sacristías, práctica que desaconseja por el riesgo de degradación de mobiliario y ajuar eclesiásticos derivados de la aparición habitual de humedades que ofrece este tipo de pavimento. En su lugar, el arzobispo milanés propone adoptar una especie de forjado sanitario, a la vez que, en la zona adyacente exterior, se plantea regularizar el terreno con un acabado de losas de piedra sobre el terreno consolidado con grava y cal, para dificultar la transmisión de humedad.

«Tenga (la sacristía) el pavimento no construido con tablas, sino de este modo: el cual constando por debajo de pequeñas bóvedas, constrúyase todo ampliamente abovedado, algo más alto desde el suelo, donde se puede, a causa de la humedad, para que los indumentos sacros no se pudran o corrompan a causa de la humedad del lugar o del sitio. Para la cual cosa provéase más cautamente que lejos de ahí se aparte la tierra amontonada por afuera junto a la pared, así como las goteras que producen la humedad; además, luego cúbrase el suelo con cascajo y consolídese con ripios y con cal» (Borromeo 1577, Capítulo XXVII).

Adaptación de las soluciones constructivas a las particularidades de cada lugar

Tal como se ha comentado anteriormente, las Instrucciones del arzobispo Borromeo iban dirigidas a todas las parroquias de su jurisdicción, que constituían un territorio suficientemente extenso y diverso. Por ese motivo el autor era consciente de las limitaciones del planteamiento generalista de sus Instrucciones, ligado a la existencia de diversos condicionantes climáticos, constructivos, de disponibilidad de materiales, así como de conocimientos de buenas prácticas constructivas propias de cada lugar: «Por su parte, de acuerdo con el juicio del obispo y con el consejo del arquitecto, determínense más atentamente las demás cosas que atañen al género de la estructura, a la buena materialización de las paredes y a la firmeza, incrustación u obra de estuco y a otras de este género, según el modo de edificar de la iglesia y según la condición de la región o del lugar» (Borromeo 1577, Capítulo III).

La situación de las iglesias de la Conferencia Episcopal tarraconense

En nuestro territorio es posible obtener una idea aproximada del estado general de conservación de las iglesias, y de las nociones de mantenimiento y reparación empleadas con mayor frecuencia durante los siglos XVI, XVII y XVIII a partir de los diversos estudios documentales históricos llevados a cabo durante las últimas décadas.

Centrándonos en el ámbito territorial de la Conferencia episcopal tarraconense, para reducir el volumen de información y facilitar su gestión, resultan especialmente reveladores los estudios desarrollados en las tesis doctorales y posteriores publicaciones por los historiadores Xavier Solà (Solà 2005) y Maria Garganté (Garganté 2003, 2006a, 2006b) centrados en distintas diócesis, por su exhaustividad, profundidad, y capacidad analítica, de manera que nos permiten obtener una cierta visión global[2].

A partir de la documentación consultada, el estado de conservación general de las iglesias debía ser bastante irregular, siendo aparentemente excepcionales los casos de edificios con problemas alarmantes. En cualquier caso las referencias documentales consultadas nos transmiten la existencia de una serie de lesiones y problemas constructivos habituales bastante coincidentes con las problemáticas planteadas por Borromeo.

Humedades y filtraciones en las cubiertas

Las humedades y filtraciones en las cubiertas eran una lesión que se manifestaba periódicamente en la práctica totalidad de las iglesias estudiadas. Su causa principal aparentemente también era recurrente, y se relacionaba en la mayor parte de casos con la falta de mantenimiento periódico que requerían los sistemas constructivos existentes.

La degradación debida al desgaste de los materiales por su exposición a la intemperie se veía acentuada muchas veces por el crecimiento de vegetación e incluso de árboles sobre los tejados, llegando incluso

a perforar las obras de fábrica de las bóvedas con sus raíces, provocando en estos casos la entrada directa del agua de lluvia en el interior del edificio. La reparación de estas lesiones en un estado inicial resultaba bastante sencilla, y consistía en revisar ocularmente la cubierta, retirar manualmente la tierra y la vegetación enraizada, y reponer los materiales de acabado deteriorados, tales como tejas movidas o rotas. Las filtraciones en las cubiertas provocaban inicialmente la aparición de manchas de humedad o incluso de algunos chorretones. Progresivamente el deterioro iba avanzando con el desprendimiento local de las capas de revestimiento interior, la disgregación del mortero de las obras de fábrica y, en última instancia, la fisuración y el derrumbe de las bóvedas afectadas.

Estos procesos se reflejan claramente en la documentación conservada. Así por ejemplo, en 1679, el visitador de la iglesia parroquial de Sant Esteve de Bas (perteneciente a la diócesis de Girona) impone el requerimiento de «recorrer los tejados de modo que no llueva en el interior y así mismo que se repare la bóveda de esta iglesia en todo lo que sea necesario, para su conservación y para evitar la ruina, que podría producirse con el paso del tiempo si no se previene».[3] (Solà 2005).

Una solución habitual para tratar de reducir la incidencia de la aparición de humedades y filtraciones en las cubiertas consistía en incorporar una nueva cubierta superpuesta, separada suficientemente de las bóvedas preexistentes para permitir la circulación de personas para su mantenimiento. En muchos casos esta solución se utilizó en edificios románicos o góticos con una cubierta acabada con losas de piedra. (figura 1). Este tipo de actuación queda reflejada con

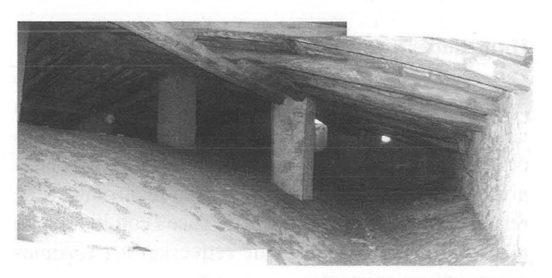


Figura 1
Iglesia parroquial de Santa Magdalena de Pontons (arzobispado de Barcelona). Espacio bajo cubierta resultante de la superposición de una cubierta de lata por canal sobre la cubierta gótica preexistente (foto del autor 2006)

claridad, por ejemplo, en la visita pastoral de 1741 a la iglesia parroquial de Tavertet (diócesis de Vic) en la cual se ordena que «retiren el enlosado que cubre la bóveda de la iglesia...y hagan un tejado dejando espacio suficiente para que se pueda pasar a reconocer y reparar si aparece alguna gotera; de este modo estará más seco el interior de la iglesia ».[4] (Solà 2005).

Humedades y filtraciones en los muros

Las humedades y filtraciones en los muros acostumbraban a aparecer también con cierta frecuencia, especialmente en los muros en contacto exterior directo con el terreno. En algunos casos la disposición del nivel de pavimento interior de la iglesia se encontraba por debajo del nivel del terreno natural o de un terraplenado adyacente. En otros casos sencillamente las humedades ascendentes por capilaridad, focalizadas en la base de los muros, provocaban procesos de disgregación de las fábricas.

En estas circunstancias se podía llegar a producir la disgregación de los morteros de las juntas y la aparición de agujeros en los muros, debidos a desprendimientos de parte de la obra de fábrica, tal como describió, por ejemplo, el visitador de la iglesia de Sant Cristòfol de les Planes (Diócesis de Girona) en 1671 (Solà 2005).

Para tratar de resolver las humedades y filtraciones laterales en los muros, era habitual ordenar la retirada del terreno circundante de las iglesias, formando una especie de trinchera, zanja o paso lateral, en la parte posterior de las capillas y de los ábsides. También era frecuente la incorporación de un pavimento perimetral exterior para facilitar la protección de la base de los muros y las cimentaciones (figura 2), así como la recomendación de prolongación de los aleros de las cubiertas, para alejar el desguace de los tejados tan lejos de los muros como fuera posible.

Sirva como ejemplo representativo de este tipo de intervención de reparación, la prescripción definida en la visita pastoral de 1734 en la iglesia de Sant Climent d'Amer (diócesis de Girona): «en consideración que el pavimento de la iglesia está muy húmedo...por ese motivo ordena el Señor Visitador General al Rector y obreros que cuanto antes, y si es factible antes del invierno, hagan una zanja al pie de la pared de la iglesia... que arroje el agua hacia la



Figura 2
Iglesia parroquial de Santa Maria de Horta d'Avinyó (diócesis de Vic). Ejemplo de actuaciones sucesivas de pavimentación del perímetro de la iglesia para proteger la base de los muros de la escorrentía del agua de lluvia (foto del autor 2006)

parte baja del cementerio, con la mayor pendiente que permita el terreno, y para que sea durable y ni el agua ni la humedad se quede, lo harán un palmo más profundo que el pavimento de la iglesia, y lo formaran con su pared, que detenga la tierra y lo pavimentaran con baldosas cerámicas... asegurándose con este trabajo y pequeño gasto el remedio total de los referidos inconvenientes».[5] (Solà 2005).

Grietas y fisuras en bóvedas y muros

La aparición de grietas y fisuras en las bóvedas o en los muros también se producía con cierta frecuencia, manifestándose de manera visible en los revestimientos ornamentales interiores de las iglesias. Se acostumbraban a atribuir a movimientos del terreno, al asentamiento diferencial entre distintos cuerpos o elementos del edificio, así como a la presencia de diferentes tipos de fábricas, de elementos empotrados ocultos, así como de armarios embebidos dentro de los muros o de otros elementos inutilizados.

Las indicaciones adoptadas en estos casos acostumbraban a consistir en el relleno de los huecos generados por las grietas, aceptando las deformaciones que se hubieran producido hasta el momento de la intervención. Una muestra de este tipo de procedimiento se refleja en la visita pastoral de 1741 a la iglesia de Sant Martí Sacalm (diócesis de Girona), en la cual se ordena que «blanqueen la parte de la capilla que lo necesita, tapando los agujeros de la pared por donde entra luz».[6] (Solà 2005).

En otros casos las indicaciones establecidas por los visitadores consistían en el apuntalamiento de las bóvedas y en su reparación, sin que se incluyan habitualmente más detalles sobre los procedimientos de reparación a seguir. En varios casos la documentación histórica recoge la presencia combinada de humedades, de filtraciones de agua, y de grietas y fisuras en las bóvedas, que indicaban conjuntamente el riesgo de que las bóvedas «amenacen ruina» (Garganté 2006b).

Acumulación de suciedad en los revestimientos interiores

La acumulación de suciedad en los revestimientos interiores provocaba el progresivo oscurecimiento de los acabados ornamentales de las paredes. Esta situación se debía al efecto del humo de los cirios empleados para la iluminación, unido a la escasa ventilación natural interior de los edificios de culto. El oscurecimiento progresivo de los acabados interiores obligó a plantear la obligación de blanquear, enyesar, enlucir o repellar las paredes y bóvedas de los templos periódicamente con una frecuencia común entorno a los veinte o treinta años, sin que se conozcan actuaciones encaminadas a tratar de resolver las causas de este deterioro en ningún caso.

Un ejemplo de este tipo de intervenciones de conservación se recoge en la visita pastoral de 1723 a la iglesia de Falgars (diócesis de Girona) donde se ordenaba que «hagan blanquear las paredes de la iglesia e inspeccionarlas por fuera como también las del campanario que están fisuradas haciendo reparar las que lo necesiten y repellarlas todas con cal».[7] (Solà 2005). Por otro lado, el desarrollo de funciones ajenas a las estrictamente religiosas; tales como el almacenaje de muebles viejos, de alimentos, el resguardo de ganado y otros animales domésticos, etc., también podía contribuir a la aparición de humedades y filtraciones motivadas por un uso indebido de los espacios eclesiásticos.

Así, por ejemplo, la visita pastoral de 1729 a la iglesia parroquial de Ivorra (diócesis de Solsona) indicó que el coro de algunas iglesias de la comarca era utilizado como almacén y tienda de grano. O in-

cluso en la visita de 1772 a la iglesia de Calaf (diócesis de Vic) el visitador indicó que una de las lesiones observadas se debía a la instalación de una letrina al lado de la escalera del campanario, que filtraba los fluidos acumulados directamente sobre la bóveda de una de las capillas de la iglesia. (Garganté 2006a).

Las modestas instrucciones de conservación y mantenimiento del obispo Josep de Taverner

En la actualidad no se conocen referencias específicas relativas a recomendaciones arquitectónicas sobre la conservación, el mantenimiento o la reparación de las iglesias, incluidas en las constituciones provinciales de la Conferencia episcopal tarraconense, con posterioridad al Concilio de Trento.

Sin embargo en el caso de la diócesis de Girona se ha conservado una «*Instrucción Pastoral para el buen gobierno de las parroquias*» redactada por el obispo Josep de Taverner d'Ardena en 1725, casi un siglo y medio más tarde que las Instrucciones de Carlo Borromeo.

La instrucción ochocentista se redactó con un estímulo y motivación similares a los de la obra milanesa, como consecuencia de las visitas previas realizadas a las iglesias de su diócesis. El texto gerundense fue redactado en catalán, para facilitar su comprensión y difusión entre los párrocos a los cuales se dirigía el texto. Aparentemente, en este caso, una vez distribuido entre las diversas parroquias de la diócesis de Girona, su contenido no alcanzó mayor difusión y cayó en el olvido hasta su exhumación y transcripción reciente por parte del historiador Josep Murlà (Murlà 1980).

La Instrucción Pastoral de Taverner incluye la mayor parte de las indicaciones de carácter arquitectónico dentro de un capítulo específico inicial denominado «Iglesias, sacristías y ornaments de ellas». El capítulo se organiza con 54 instrucciones numeradas, la mayor parte de las cuales tienen que ver con recomendaciones ornamentales o funcionales.

Hay que considerar que las Instrucciones relativas a la conservación, mantenimiento o reparación de los sistemas constructivos de las iglesias son escasas y más bien rudimentarias, en comparación con las que se encuentran en su distinguido precedente milanés. A pesar de ello su interés radica en la capacidad de mostrar en toda su crudeza los problemas habituales de la mayor parte de las iglesias parroquiales de nuestro territorio durante el inicio del siglo XVIII.

Las principales prescripciones que recogen las Instrucciones de Taverner coinciden en su mayor parte con algunas de las recomendaciones establecidas por Borromeo. Nuevamente el problema de la falta de mantenimiento de los tejados aparece como el principal aspecto a considerar, para tratar de evitar la entrada de agua hacia el interior de los templos «de donde regularmente vienen los mayores daños a las iglesias».[9] (Taverner 1725, Instrucción 47). Respecto a los campanarios, establecía el requerimiento de que «deben estar bien conducidos (accesibles), teniendo su escalera para subir, y las campanas han de estar cubiertas, para no encontrarse expuestas al viento y a la lluvia».[10] (Taverner 1725, Instrucción 52).

El obispo gerundense incluyó una recomendación de protección de las ventanas mediante vidrio o tela, pero no con el afán de garantizar la iluminación y la ventilación natural de la iglesia, sino para «impedir la entrada de polvo, y también para que el viento no provoque un mayor gasto de cera, y lo que es peor, para evitar que los pájaros, y singularmente los nocturnos, no entren por ellas (por ventanas y aspilleras) y ensucien los altares, tal como sucede a diario».[11] (Taverner 1725, Instrucción 50).

La Instrucción gerundense también se pronunciaba sobre la necesidad de conservar la regularidad de los niveles de los pavimentos en el interior de las iglesias. Taverner prohibía en primera instancia la incorporación de nuevas sepulturas en el interior de los templos o, en último caso, las condicionaba a que las losas de cobertura quedasen debidamente niveladas con el pavimento circundante de la nave, «de modo que en ellos (los feligreses) puedan cómodamente arrodillarse».[12] (Taverner 1725, Instrucción 19).

Por otro lado, se recomendaba proteger con una pared el perímetro del cementerio, que habitualmente se situaba en el terreno adyacente a la iglesia, para evitar la erosión del terreno provocada por la escorrentía del agua de lluvia (Taverner 1725, Instrucción 24).

El obispo Taverner incidía en la obligación de blanquear los espacios interiores de los templos mediante yeso, en el caso de disponer de canteras cercanas de piedras de yeso de calidad, o mediante mortero y lechada de cal, en caso contrario (Taverner 1725, Instrucción 18). La Instrucción constata que a principios del siglo XVIII muchas iglesias de la diócesis de Girona no disponían de un espacio destinado

a sacristía y, en estos casos, el obispo encargaba que se condicionasen espacios adecuados tan pronto como fuese posible (Taverner 1725, Instrucción 25).

A modo de resumen podemos destacar que el texto recogía la obligación anual de realizar una inspección de las cubiertas y de los pavimentos para desarrollar las reparaciones necesarias, para retirar las telarañas, y para proceder a la limpieza general del interior. Esta obligación se fijaba antes de la fiesta de Corpus, durante la estación de la primavera, con unas condiciones climáticas suaves, para facilitar su desarrollo (Taverner 1725, Instrucción 47).

Conclusión

Diversos textos históricos nos muestran la existencia de una serie de nociones, más o menos generalizadas durante los siglos XVI, XVII y XVIII, relativas a las causas de deterioro de los edificios y a las pautas para una adecuada conservación y reparación de los sistemas constructivos.

A pesar de ser conocida la necesidad de un mínimo mantenimiento periódico de los edificios religiosos, parece ser que éste no se producía en la mayor parte de casos. Esta circunstancia favoreció la proliferación reiterada de una serie de lesiones en las iglesias parroquiales, relacionadas mayoritariamente con los efectos provocados por la incidencia de los agentes atmosféricos, así como por un uso inapropiado de algunos espacios o de determinados elementos constructivos.

Este estudio documental pretende llamar la atención sobre la existencia de un conjunto de conocimientos de la construcción histórica relacionados con el mantenimiento de los edificios, vinculados a las técnicas y sistemas de construcción tradicionales, para que puedan ser tenidos en consideración, valorados y aplicados, según corresponda, en las actuaciones futuras.

Notas

1. Para profundizar más en los conocimientos constructivos que aparecen descritos en el tratado de Alberti, resulta ineludible consultar la reciente tesis doctoral de la arquitecta Belén Onecha (Onecha 2012).
2. Los aspectos indicados como representativos se han obtenido a partir de la lectura de diversas fuentes locales de entre las que el autor ha creído oportuno destacar como más relevantes a Xavier Solà y María Gargantè por las cualidades indicadas en el cuerpo de la comunicación.
3. El texto del artículo incluye una traducción adaptada de un fragmento del texto original que se reproduce a continuación: «recórrer las tauladas de manera que noy ploga y axí mateix que reparen y fassan adobar la bòveda de dita Iglésia en tot lo que sia menester, per conservació de aquella y per evitar la ruïna, que no prevenint-se amb temps podria patir». Fuente: Archivo Diocesano de Girona, Sant Esteve de Bas, 1671, f. 16r, (Solà 2005)
4. El texto del artículo incluye una traducción adaptada de un fragmento del texto original que se reproduce a continuación: «tragan lo enllosat de sobre la bóveda de la iglésia» y «fassan teulada deixant espay bastant perques puga passar a regoneixer y adobarlas si fa algun degoter; de aquest modo està més aixata la iglésia». Fuente: Archivo Episcopal de Vic, 1223/1, Tavertet, 1741, f. 275v, (Solà 2005)
5. El texto del artículo incluye una traducción adaptada de un fragmento del texto original que se reproduce a continuación: « en consideració que lo paviment de la iglésia és molt humit... y perçò mana dit Senyor Visitador General al dit Rector i obrers que quant antes, y si és factible antes del hivern, fassan fer una vall al peu de la paret de la iglésia, desde el cubert de aquella fins a la cantonada de la nova sagristia, el qual llanse la aygua en lo més baix del sementiri, estant per assò tant pendent com permeté lo terreno, y peraque sia durable y la aygua, ni la humitat hi quede ho faran un palm més fondo, que lo paviment de la iglésia y lo formaran ab sa paret, que detinga la terra y lo enrajoranan en lo fondo dell, assegurant-se, que ab est treball y petit gasto experimentaran lo total remey dels referits inconvenients». Fuente: Archivo Diocesano de Girona, P-121, Sant Climent d'Amer, 1734, f. 238v-239r, (Solà 2005)
6. El texto del artículo incluye una traducción adaptada de un fragmento del texto original que se reproduce a continuación: «blanquejen la part de la capella quen necessita, tapant los forats de la paret per hont entra claror». Fuente: Archivo Episcopal de Vic, 1223/1, Sant Martí Sacalm, 1741, f. 270r, (Solà 2005)
7. El texto del artículo incluye una traducción adaptada de un fragmento del texto original que se reproduce a continuación: «fassan blanquejar las parets de la iglésia y regoneixer las per defora com també las del campanar, que està clivellada fent adobar lo que ho necessiten y rebatrer las totas ab cals». Fuente: Archivo Episcopal de Vic, 1224, Falgars, 1723, f. 282r, (Solà 2005)
8. El texto del artículo incluye una traducción adaptada de un fragmento del texto original que se reproduce a continuación: «*de ahònt regularment venen los majòrs danys a las Iglesias*». (Murlà 1980)

9. El texto del artículo incluye una traducción adaptada de un fragmento del texto original que se reproduce a continuación: «*de ahònt regularment venen los majòrs danys a las Iglesias*». (Murlà 1980)
10. El texto del artículo incluye una traducción adaptada de un fragmento del texto original que se reproduce a continuación: «Los Campanárs deuhen estar ben conduhits, tenint sa escala per pujarhi, y las Campanas han de estar cubertas, que no estigan exposadas al vent, y pluja; ». (Murlà 1980)
11. El texto del artículo incluye una traducción adaptada de un fragmento del texto original que se reproduce a continuación: «Totas las espitlleras, ò finestras de la Iglesia estaràn, ò ab Vidres, o Ventallas de Tela ben netas, així per impedir la entrada de pols a ellas; com y també, perque ab lo vent, no se fassa major dispendi de Cera, y lo que es mes, que los Aucells, y singularment los Nocturnos, no entren per ellas, y embruten los Altars, que succeheix cada dia». (Murlà 1980)
12. El texto del artículo incluye una traducción adaptada de un fragmento del texto original que se reproduce a continuación: «No menos ordenàm, que los Paviments de las Iglesias estigan en la degude decencia, de modo, que en ells puga comodament arrodillarse, de que hi ha molta falta en la Diocesi; y com per lo regular est desordre naix de las Sepulturas, que hi ha en las Iglesias concedidas: Perçò manàm, que ningú se puga soterrar en las Iglesias, que no fassan en ellas Vas, ó que altrament després de soterrada la Persona, que en ella se haurà de enterrar, no torne a acomodar lo lloch de la sepultura, de modo, que no fassa deformitat ab lo demés Paviment de la Iglesia; al contrari, que en tot sia conforme a ella». (Murlà 1980)

Lista de referencias

Alberti, Leon Battista. 1485. *De re aedificatoria.* Florencia: Ed. Nicola Alamanno

Borromeo, Carlo. [1577] 1985. *Instrucciones de la fàbrica y del ajuar eclesiásticos*. Ed. del texto en latín *Instructiones fabricae et supellecilis ecclesiasticae,* traducido al castellano por Elena Isabel Estrada. Méjico DF: Universidad Nacional Autónoma de México.

Garganté Llanes, Maria. 2003. *L'Arquitectura religiosa setcentista a la Segarra i l'Urgell.* Tesis doctoral. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona

Garganté Llanes, Maria. 2006a. «Arquitectura religiosa del Set-cents a l'Alta Anoia: obres, artífexs i influències. IX Premi Jaume Caresmar». *Miscellania Aqualatensia,* núm. 12, 11-62. Igualada: Centre d'Estudis de l'Anoia.

Garganté Llanes, Maria. 2006b. *Arquitectura religiosa del segle XVIII a La Segarra i L'Urgell. Condicionants, artífexs i pràctica constructiva*. Collección Estudis, núm. 35. Barcelona: Fundació Noguera, Pagès Editores

González Moreno-Navarro, José Luís. 1993. *El legado oculto de Vitruvio*. Madrid: Alianza Forma.

Murlà, Josep. 1980. «Notícia dels temples de l'ardiaconat de Besalú a través d'un document del bisbe Josep de Taverner i d'Ardena». *IV Assemblea d'Estudis sobre el comptat*, IV/1, 155-194. Besalú: Amics de Besalú i el seu comtat.

Onecha Pérez, Belén. 2012. *Una nueva aproximación al De re aedificatoria de Leon Battista Alberti. Los conocimientos constructivos y sus fuentes*. Tesis doctoral inédita. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña

Solà Colomer, Xavier. 2005. *La reforma catòlica a la muntanya catalana a través de les visites pastorals: Els bisbats de Girona i Vic (1587-1800)*. Tesis doctoral. Girona: Universidad de Girona

Solà Colomer, Xavier. 2008. *La reforma catòlica a la muntanya catalana. Els bisbats de Girona i Vic (1587-1800).* Girona: Associació d'Història Rural de les Comarques Gironines, Centre de Recerca d'Història Rural de la Universitat de Girona, Documenta Universitaria.

Taverner d'Ardena, Josep. 1725. *Instrucció pastoral per lo bon govern de las parroquias del bisbat de Gerona,...en la segona Visita General de son Bisbat*. Girona: Biblioteca del Seminario Diocesano.

Algo viejo, algo nuevo, algo prestado: La construcción de Nueva España en el siglo XVI

María Pilar Moya Olmedo

La arquitectura prehispánica empleó sistemas constructivos que usaron materiales cercanos en estructuras construidas mediante plataformas de tierra apisonadao muros de mampostería de piedray en edificioscon estructurasde piedra y madera, cerramientos de piedra y cubiertasvegetales en la arquitectura monumental así como sistemas que también hicieron uso de materiales vegetalesde manera sencilla, junto con otros algo más elaborados como adobes, en la arquitectura popular.

La arquitectura peninsular se caracterizaba también por el empleo de materiales cercanos con sistemas constructivos que usaban piedra en fábricas vistas con piezas de sillería y sillarejo en muros estructurales; tierraen fábricas de tapial o de adobe en muros de fachadas y divisiones interiores,y madera en estructuras de cubiertasy carpinterías.También se emplearon ladrillos, difundidos por los maestros moriscos, utilizados en lugar de sillares; tejas,siempre del tipo árabe; cal, muy abundante, mezclada con arena en cimientos, muros, bóvedas y como acabado de paramentos elhierro, en clavos, chapas y rejas.

ALGO VIEJO

La primera arquitectura

A la arquitectura inicial algunos autores la han denominado *arquitectura de memoria*, porque aunque hubo planos mandados desde la Península para la construcción de los edificios más importantes de Nueva España, estos no debieron ser más que bocetos o planos de trazas muy generales.Esta arquitectura,aunque nunca presentó unidad de estilo,situvo reglas que se consolidaron y recogieron en instrucciones escritascon orientaciones relativas a la distribución y proporción de espacios.

Todos los autores siempre han destacado el aspecto de fortificación que presentó al principio la arquitectura, que podría explicarse por el temor a posibles ataques y a que las construcciones tuvieran que cumplirfunciones defensivas, pero este *carácter de fortificación* se mantuvo en épocas y lugares donde la colonización se había consolidado o donde nunca existió ese riesgo. En 1554, Cervantes de Salazar ya comentaba con desaprobación como las casas de la Ciudad de México recordaban a fortalezas, afirmando que ese carácter solo fue apropiado en los primeros años: «... Segun su solidez, cualquiera diria que no eran casas, sino fortalezas... Así convino hacerlas al principio, cuando era muchos los enemigos, ya que no se podia resguardar la ciudad, ciñéndola de torres y murallas» (Cervantes de Salazar [1554] 1875, 89).

La participación de las autoridades en la arquitectura fue apareciendo lentamente pero llegó incluso a controlar la construcción y establecer normas para su ejecución; en las primeras décadas apenas existió control pero hacia mediados de siglo el virrey Antonio de Mendoza, tras criticar las construcciones que se estaban realizando, impuso instrucciones con las

que consiguió unificar tanto las edificaciones como su construcción.[1]

Algo prestado

Tal y como hemos comentado, la construcción novohispana del siglo XVI mostró características similares pero también diferentes a las de otros lugares o tiempos, por lo que su estudio requerirá de la aceptación de un concepto más amplio al acostumbrado ya que sus cualidades no dependieron de parecerse más o menos a la construcción de las culturas que la precedieron o dieron origen, sino que tal y como vamos a ver presentó interés por sí misma.

La construcción de Nueva España

En los primeros años, la lógica y la sencillez constructiva predominaron; fueron años de enseñanza y aprendizaje mutuo (Chanfón 1997, vol.2 1: 271) y se construyeron edificaciones con soluciones constructivas asequibles. Pero a partir de 1550, se desarrolló una segunda etapa constructiva dirigida por la política de la corona y propiciada además por la llegada de arquitectos con nuevas ideas venidos no solo de la Península sino también del resto de Europa.

Papel de los indígenas

El éxito de la empresa constructora novohispana dependió no solo de los españoles, que alcanzaron un aceptable conocimiento y manejo de la arquitectura, sino también de los indígenas que adquirieron la habilidad necesaria para ejecutarla(figura1). Resulta obvio que, además del argumento de la fuerza de trabajo indígena, estos también debieron tener un papel importante como poseedores de un conocimiento empírico con el que aportar experiencia y razonamientos en la toma de decisiones, aunque esta afirmación no siempre haya sido admitida. La realidad fue que la construcción de edificios en Nueva España necesitó de trabajadores especializados y que en el territorio novohispanoestos nunca habían existido.

La organización de la mano de obra tanto en el territorio peninsular como en el indígena contó con una tradición propia estructurada con reglamentos.

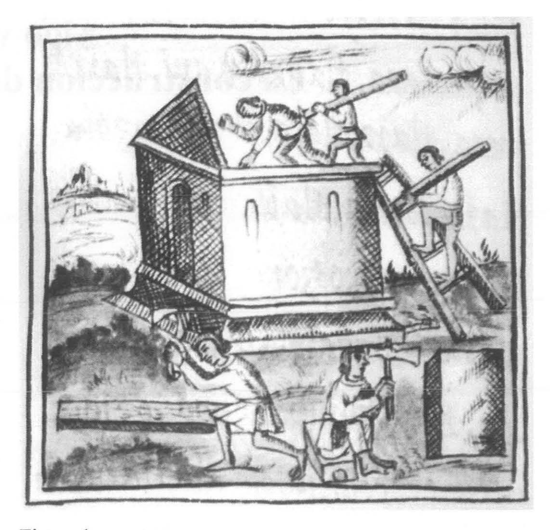


Figura 1
Trabajadores indígenas construyendo una capilla(Sahagún 1979, libro10, cap.8 folio17r)

Durante los primeros años, la organización de los trabajadores en la construcción novohispana siguió el mismo esquema de la organización laboral prehispánica: los colonizadores continuaron con los modelos ya conocidos de autoridad para organizar a los grupos grandes de trabajadores indígenas con poca preparación si bien, después los españoles, para legitimar el trabajo indígena, recuperarían formas administrativas usadas en la Península pero adaptándolas.[2]

Sistema de medidas

La imposición de un determinado sistema de medidas como tributo existió en el mundo prehispánico y los españoles también hicieron uso de ella sobre el nuevo territorio conquistado. En Nueva España se encontraron dos culturas con concepciones metrológicas diferentes pero ambas con el patrón del cuerpo humano como base, lo que debió facilitar la comprensión y asimilación del nuevo sistema proporcionando además de las pautas para su consolidación.

Ya desde 1521, Hernán Cortés intentó obligar al uso de la vara como único sistema de medidas mediante las ordenanzas locales que promulgó; pero no fue hasta 1536 cuando la ordenanza dictada por el vi-

rrey Antonio de Mendoza, imponiendo éstacomo unidad de medida fundamental, consiguió unificar el sistema de medidas en Nueva España.

Las herramientas

Para los indígenas, los utensilios españoles representaron una revolución tecnológicaaunque en la construcción prehispánica ya se empleaban utensilios equivalentes a la mayoría de las herramientas españolas de piedra o madera; esto lo demuestra el hecho de que el nombre que dieron los indígenas a las mayoría de los nuevos útiles fueel de su equivalente prehispánico seguido por el término *tepuztli*, cobre en náhuatl.[3]

Las herramientas comunes en la construcción de la península, que apenas habían evolucionado desde hacía siglos, estaban basadas en la rueda y el hierro, ambos desconocidos en el mundo prehispánico. Su difusión debió ser lenta, no tanto por el proceso de adaptación de los indígenas al empleo sino por lo elevado de su coste en comparación con el de la mano de obra, lo que llevó siempre que esto fue posible a optar por emplear fuerza masiva de trabajo y técnicas que no necesitaran herramientas complejas.Hacia 1570, se había generalizado el empleo de herramientas de mano metálicas; mucho más lenta sería la incorporación de los carros al transporte de materiales que no podían ser utilizados por falta de caminos por lo que durante mucho tiempo los procedimientos constructivos continuaron siendo lentos y basándose en la carga de animales o personas o mediante el arrastre para piezas mayores.

Los plazos y costes y la calidad de las obras

Uno de los problemas en la construcción novohispana del siglo XVI siempre fue la lentitud de su desarrollo ya que mientras los primeros edificios provisionales se realizaron en días o semanas, las versiones definitivas tardaron décadas e incluso siglos. También lo fue el excesivo coste de los materiales debido entre otros factores a lo ambicioso del programa constructivo novohispano, al atrasado sistema de transportes y a la falta de mano de obra cualificada.

La calidad de la construcción de esta época ha sido uno de los aspectos menos estudiados y sobre el que menor ha sido el consenso; para la mayoría de los autores fueron destacables los excelentes resultados obtenidos en algunas obras como las conventuales, aunque se ha prestado escasa atención a las evidencias de baja calidad. Podemos decir que la calidad fue variable, no solo en los primeros años cuando escaseaba la mano de obra especializada y no se habían difundido ni los conocimientos arquitectónicos ni las técnicas constructivas, sino también en las construcciones de la segunda mitad del siglo. Aunque a pesar de los errores y colapsos, los logros fueron excepcionales.

Los materiales

En general, en Nueva España los edificios se construyeron con materiales que resultaban fáciles de obtener, de preparar y de utilizar, por lo que se reducían tanto los costes como la pericia necesaria para su utilización. Las primeras construcciones novohispanas utilizaron componentes básicos como la piedra, el barro, la madera, la paja... es decir, los mismos que se empleaban en la construcción prehispánica o en la arquitectura peninsular. El empleo de estos no fue igual en todo el territorio sino que varió según la disponibilidad en las regiones, las condiciones climáticas o la familiaridad de la mano de obra indígena en su uso.[4]

La *piedra* fue el material más usado para la construcción de edificios institucionales tanto en la tradición peninsular como en la prehispánica, si bien con respecto a esta última, las soluciones novohispanas fueron más diversas y consiguieron un uso estructural más eficiente. La falta de mano de obra especializada en el corte de la piedra entre españoles e indígenas en Nueva España fue un problema a lo largo de todo el siglo XVI, aunque los indígenas pronto se manifestaron como hábiles canteros. En los primeros años, el coste de la construcción en piedra resultó muy elevado por las dificultades de transporte, por lo que fue común la ubicación de las obras nuevas próximas a lugares con disponibilidad de piedra (el aprovechamiento de piedra de edificaciones anteriores y el empleo de piedra redondeada de ríos o piedra de origen volcánico fragmentada de forma natural, permitieron ahorrar trabajo en la extracción).

Desde el primer momento, la construcción en piedra novohispana dio preferencia a piedras blandas por la facilidad con que estas se podían labrar además de

porque su menor peso facilitaba su transporte y colocación. Se utilizaron sobre todo dos clases de piedras: el *tezontle* (roca ígnea) y el *tecali* (roca metamórfica); la primera fue utilizada desde época prehispánica en la construcción de templos y posteriormente en los demás edificios y, aunque su porosidad y fragilidad la hacían inapropiada para uniones estructurales y lugares expuestos a erosión por uso, su textura y ligereza favorecieron la continuidad en su uso sobre todo en la Ciudad de México y sus alrededores; también fueron utilizados los mármoles como el *tecali*, denominado ónix mexicano que cortado en láminas delgadas sustituía al vidrioo el *tepetate*, toba volcánica muy ligera y fácil de cortar en bloques, con aspecto parecido al adobe ymuy degradable.

La piedra se usó como cantería, mampostería a base de sillares unidos mediante mortero ya que en Nueva España no se empleó la mampostería de piedras sobrepuestas en seco que requerían un labrado más preciso y como calicanto, variante de mampostería de piedras unidas también mediante mortero (figura2). En la mayoría de las ocasiones se empleó mampostería en la que las piedras se iban colocando llenado los huecos con mortero; las de mayor calidad fueron soluciones de aparejo regular con piedras pasantes que daban integridad a todo el elemento constructivo a lo largo de todo el espesor y las más pobres fueron soluciones de dos paramentos de piedra regular entre los cuales se vaciaba un mortero desigual añadiéndose algunas piedras como conexión de ambos paramentos. En otros casos se empleó una especie de hormigón ciclópeo con piedras de diferentes tamaños mezcladas con mortero que se ejecutaba por tramos y que requería encofrados de madera o de piedra. Fue bastante común el uso de piedra molida como sustituto para la arena.

Los morteros fueron de cal y arena y, como en el territorio novohispano la cal escaseó, se hizo uso del barro como aglutinante a la manera prehispánica continuando con las tradiciones de regiones del altiplano y zonas áridas. También en la península había tradición del uso del barro como conglomerante en las construcciones de adobe y en soluciones pobres de mampostería de piedra además de como aislante encima de la estructura de madera en cubiertas planas de edificios.

El *barro* fue además la base de soluciones manufacturadas. El adobe consistente en bloques de barro mezclados con paja secados al sol, existió tanto en la tecnología prehispánica como en la peninsular,si bien en Nueva España se caracterizó por su tamaño mayor. Fue el material predominante en la construcción de los primeros años, tanto en el área metropolitana como en el resto del territorio, al favorecer su uso la

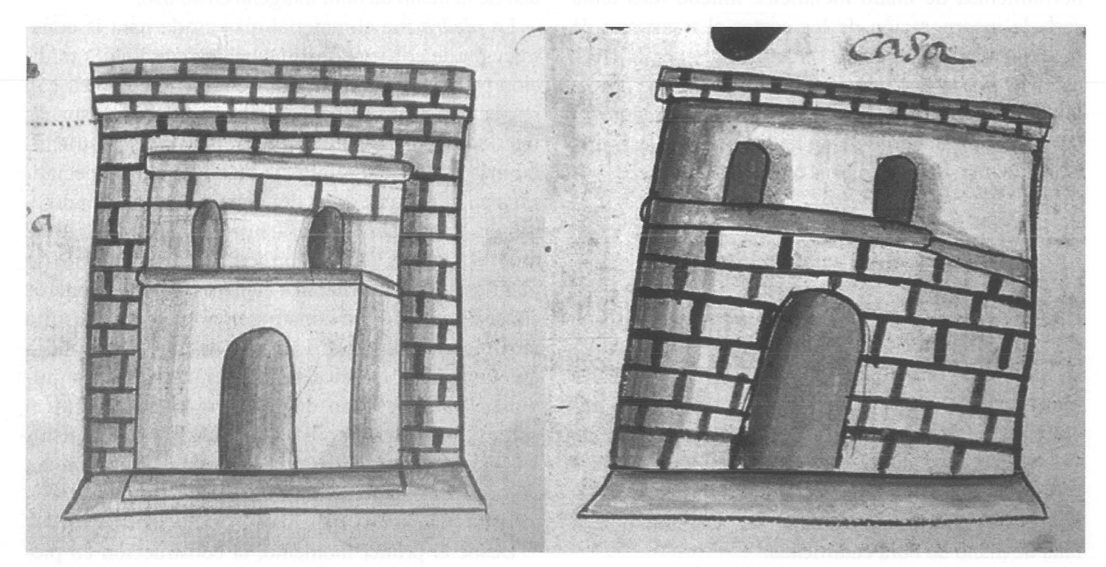


Figura 2
Diferentes materiales en las construcciones novohispanas (Paso y Troncoso, 1912)

facilidad de la construcción con él y el alto coste de la piedra. Se empleó en muros incluso de edificios importantes en las primeras décadas, restringiéndose después su uso a obras menores y viviendas, aunque en algunas regiones se siguió utilizando incluso en edificios civiles y religiosos. No se conocen ejemplos de construcciones de adobe del siglo XVI bien porque lo construido desapareció al ser sustituido o por la degradación natural del material.

El *bajareque* es un sistema todavía usado para construir muros en Hispanoamérica que se ejecuta situando una hilera de *horcones*, postes de madera empotrados en el suelo que formanla base estructural del muro, entre los cuales se coloca un entramado de cañas entretejidas que después se rellena por un lado o por ambos con revoco de barro,pudiendo mezclarse con paja seca para darle mayor consistencia. Fue un sistema muy común en la construcción prehispánica usado sobre todo en viviendas en regiones cálidas y húmedas y aunque hubo diferentes soluciones en función de la calidad del grosor del entramado vegetal y de las formas constructivas, continuó siendo usado en Nueva España de la manera más sencilla.

El barro cocido tardó en ser incorporado a la construcción novohispana aun cuando los ladrillos y las tejas eran indispensables en la construcción de la Península; aunque la existencia de ladrillos encontrados en algunas ruinas pudiera demostrar que los indígenas conocían este material aunque no fuera muy usado (Ceuleneer de Gante 1954, 7). Los motivos que pudieron justificar este retraso debieron ser la escasez de agua en algunas regiones y que para los indígenas el aprendizajey la falta de costumbre de sistemas masivos de producción llevaranalgún tiempo; si bien una vez difundido, laelaboración debió resultar bastante económica. Su uso se comenzó a generalizar a finales de siglo XVI y fue muy común en muros divisorios sin función estructural, en acabados de solados, en marcos de huecos y en las construcciones hidráulicas, no así en soluciones estructurales donde solo apareció en algunas columnas y bóvedas.

La *madera* fue un material muy usado en la construcción. Las enormes masas madereras de cedros, encinas y pinos fueron explotadas sobre todo en el valle de México sin medida, lo que las agotó rápidamente y obligó a ampliar el radio de acción de las explotaciones. Además, la situación la agravó la corta vida útil de la madera por el desconocimiento de las especies y la ausencia de tratamientos adecuados que obligó a frecuentes reposiciones; además de por la industria del carbón muy demandado desde las tierras más frías del norte.

La madera fue usada en soluciones de estructura y cerramientos en las primeras construcciones provisionales, continuó usándose en obras menores y únicamente se usó en edificios principales en soluciones de cubiertas cuando estos tuvieron vanos reducidos.

El *tejamanil*, de origen prehispánico y consistente en tejas de madera más largas que las de barro, fue una solución muy común en el territorio novohispano para las cubiertas de construcciones en zonas lluviosas, al igual que la paja (figura 3).

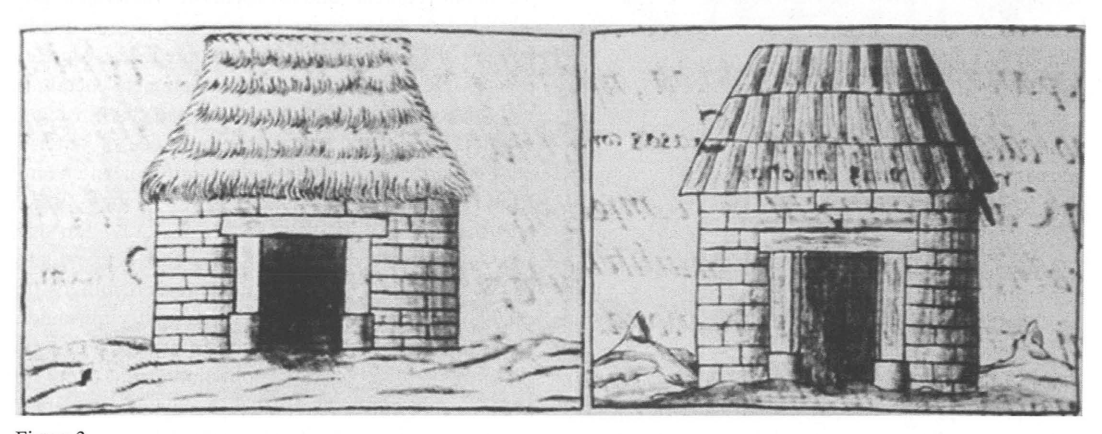


Figura 3
Materiales vegetales en las construcciones (Sahagún 1979, libro10, cap.12 folio 243r, 244r)

Las soluciones de cubierta con *paja*en regiones lluviosas donde las cubiertas planas no funcionaban, resolvían tanto el problema de estanqueidad como el de ventilaciónademás de que la paja resultaba tan barata que podía fácilmente reemplazarse cuando estaba en mal estado. Las casas con techos de paja recibían el nombre genérico de *jacal* aunque estuvieran resueltas con distintos tipos de paja como la hierba denominada *zacate* o la *palapa*, hojas de plataneros o de palmas. Otros materiales de origen vegetal también utilizados en la construcción fueron carrizos, cañas, palos... tanto para realizar paramentos como para crear cercos limitando propiedades o funciones.

La *cal* en Nueva España fue poco abundante lo que provocó problemas de abastecimiento y obligó a traslados del material por el territorio, elevó su coste por la gran demanda y la escasa disponibilidad e hizo que su calidad no siempre fuera la idónea (figura 4). Todos estos inconvenientes llegaron incluso a frenar en algunos momentos la actividad constructiva y obligaron a recurrir a otras soluciones para sustituir a este material que resultaba ser imprescindible en la arquitectura para la argamasa, en los enlucidos sobre los que aplicar las pinturas en muros y bóvedas y en los suelos.

Los *metales* se emplearon en herrajes y herreríaestando documentados pocos usos estructurales, aunque algunos autores han sostenido que el uso del metal en la construcción novohispana fue constante (Kubler [1983] 2012, 228).

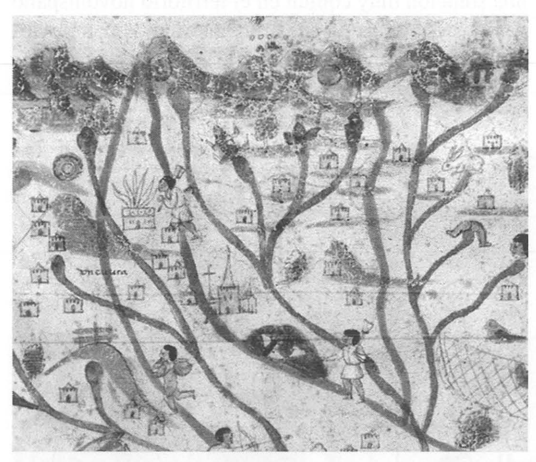


Figura 4
Trabajador indígena extrayendo cal para acarrearla a un horno. *Mapa de Uppsala*, Biblioteca Carolina RedivivaUppsala. http://systems-of-representation.uiah.fi/map_of_mexico/project

«...La forma y edificio de las casas que los naturales tienen, son: que sacan el cimiento de piedra, y este cimiento le alzan del suelo medio estado y, desde allí, comienzan las paredes de adobe. La techumbre es de azoteas y, algunos principales y caciques que tiene posible, las labran y edifican de manera que las labran los españoles, porque tienen curiosidad: de calicanto paredes, el argamasa y materiales son de cal y arena u tierra, todo mezclado para su fortaleza, con altos y bajos, corredores, puertas y ventanas, portadas de piedra de cantería, encalados con pinturas de colores» Relación de Coatepec en Veracruz, donde se explican los materiales y los sistemas usados en la construcción (Acun_a 1987, 1: 153).

Los sistemas constructivos

Son escasos los textos de la época relativos a la construcción y solo fueron documentados en algunos casos los métodos de cimentación y de levantamiento de bóvedas. En las *cimentaciones* fue donde mejor se pudo ver la aportación prehispánicaque ya había resuelto problemas tales como cimentar en zonas sísmicascomo era el territorio novohispano o en terrenos compuestos por arcillas compresibles como eran los de la Ciudad de México.

La situación de ventaja de los nuevos edificios novohispanos frente al resto de construcciones indígenas debió propiciar que los españoles tuvieran la posibilidad de seleccionar los terrenos planos donde hubiera subsuelos con buenas propiedades, características que cumplían los lugares donde se encontraban edificaciones anteriores prehispánicas. En lugares donde hubo cimentaciones previas, el criterio para definir el nivel de replanteo de la nueva cimentación fue el de excavar hasta encontrar estrato firme, en ocasiones esto no fue posible y se tuvieron que usar sistemas de cimentación más complejos, como los construidos a partir del pilotaje con rollizos de madera, colocados de manera continua y ajustando su distribución a la geometría y los anchos de los cimientos, o los construidos mediante una cama de hierba sobre la que se colocaban vigas de madera y sobre estas se construía una mampostería de piedra unida con argamasa con la que se obtenían unos ci-

mientos continuos y de mayores dimensiones bajo los muros que iban a soportar (figura 5). Otras veces como cimientos se emplearon engrosamientos de los muros a modo de zapatas corridas donde el espesor de estas zapatas dependía de la resistencia del suelo o menos comunes fueron soluciones de construcciones levantadas directamente sobre niveles de *tepetate,* sobre plataformas de mampostería continua denominadas piedraplen o en terrenos con alto nivel freático con construcciones levantadas sobre grandes piedras como base sólida para sobre ellas colocar una mampostería propiamente como cimentación.

Los problemas en las cimentaciones no fueron demasiados y no siempre fueron atribuibles a una mala ejecución, sino más bien a la actividad sísmica continua. Las evidencias del mal comportamiento de las cimentaciones fueron los asentamientos diferenciales, pero cuando estos ocurrieron se optó por reforzar la estructura consolidando muros o colocando contrafuertes y rara vez se reforzó la cimentación. Otro problema frecuente fue la humedad por capilaridad procedente del terrenoque se solucionó levantando el nivel del suelo con rellenos o impermeabilizando el contacto entre la cabeza de la cimentación y la base de la estructura con mezclas de cal y arena o de betún.

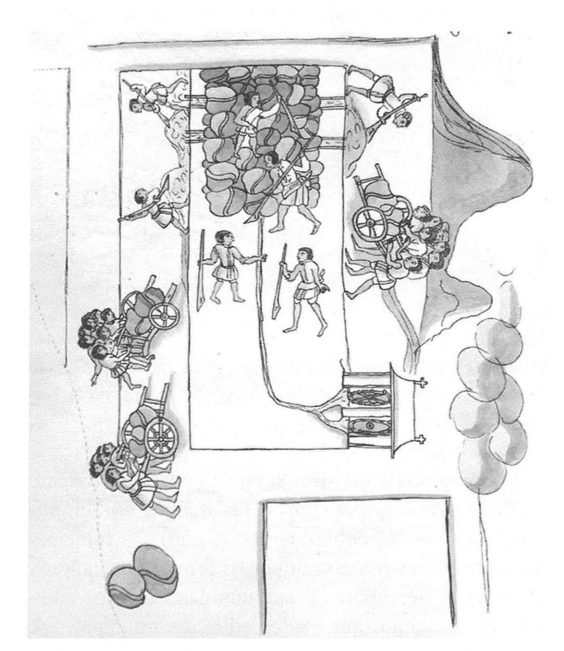


Figura 5
La construcción de los cimientos de la Catedral de México (Osuna 1878)

Como *solución estructural* el empleo de columnas en la primera arquitectura virreinal fue muy escaso y fueron los muros de carga los más usados; al igual que había ocurrido en la tradición peninsular y prehispánica, en esta ultima los conjuntos habitacionales como palacios y templos haciendo uso únicamente de muros habían logrado levantar grandes volúmenes. Lasolución de muros de carga presentaba mayores ventajas en un territorio sísmico como era el novohispano. En los primeros años, la sencillez constructiva fue la que se impuso con soluciones a base de muros de carga y cubiertas de madera y sería a partir de la mitad de siglo cuando la llegada de arquitectos supuso mayor complejidad que no tardó en reflejarse también en las soluciones estructurales (figura 6).

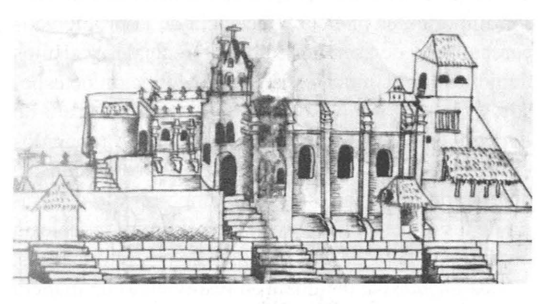


Figura 6
Traza del pueblo de Huaxutla en Jalisco (Sartor 1992,42)

Tal y como sabemos el grueso de los muros se calculaba en función de la altura y de los materiales y parece probable que, con respecto a este cálculo, debieron existir procedimientos conocidos por los maestros[5], aunque los constructores novohispanos no dudaron en perfeccionar estos procedimientos utilizando en muchos de los casos soluciones mestizas.

Los muros de mampostería de piedra fueron muy utilizados, al construirse con morteros de cal eran una solución buena pues la argamasa permitía absorber las deformaciones adaptándose a cambios en las condiciones de la cimentación por asientos diferenciales o por movimientos sísmicos. Soluciones de

complejidad constructiva en los muros de carga fueron los muros compuestos, cuya resistencia se aumentaba con la inserción de materiales distintos alternados en hileras que proporcionaban mayor sujeción y mejor distribución de cargas, además de la mejora del comportamiento sísmico por las diferencias de fricción entre materiales y juntas. En los muros a base de adobe aparecieron soluciones no tradicionales en la península como añadir al barro *tepalcates*, trozos o fragmentos de recipientes de barro, para aumentar su consistencia o mezclar desengrasantes o añadir materiales de origen animal como pelo para aumentar su cohesión. En otras ocasiones, las técnicas fueron tomadas sin modificaciones del mundo prehispánico; en el caso de los muros de contención de tierra apisonada y adobes con recubrimiento de piedra, técnica indígena utilizada en la construcción de pirámides o en el de las uniones en esquina de algunas construcciones donde aparecieron piedras colocadas a tizón.

Los problemas en soluciones estructurales no fueron importantes pues la conciencia de la problemáticarecurrente de asentamientos diferenciales y sismos debió llevar, en muchos casos, a la adopción de espesores grandes en los muros; en el caso concreto de los conventos estos fueron continuamente reparados corrigiendo agrietamientos debidos a estas causas, ala natural degradación de la mampostería o al lavado de las juntas por la lluvia. Sí fue muy frecuentesin embargola falta de verticalidad de los paramentos.

Los *forjados*se continuaron resolviendo de manera similar a como se habían resuelto, es decir, mediante vigas que cubrían el vano sobre las que se colocaba el acabado. En los muros de carga se empotraban vigas de madera paralelas en *mechinales*, agujeros cuadrados que se dejaban en los muros preparados para garantizar el apoyo y la ventilación de las cabezas de la vigas evitando su pudrición, sobre ellas, en soluciones sencillas se colocaba un entablado que constaba de *polines*, rastreles de madera sobre los que se colocaban *duelas*, tablas de madera y, en soluciones más complejas, sobre las vigas se colocaba un terrado de espesor variable como aislamiento; finalmente, se colocaban acabados de madera a base de polines y duelas, de cerámica a base de losas o ladrillos o una capa de cal y arena de tezontle mezcladas.

Las *particiones* en niveles superiores se resolvieron intentando buscar la continuidad desde la cimentación hasta la últimaplanta, aunque cuando fue necesario insertar una división que no coincidía con otra en los niveles inferiores se utilizaron materiales más ligeros y de menor sección.

Las *cubiertas* que se construyeron en Nueva España fueron de tres tipos según su sistema constructivo: horizontales con acabado de terrado, inclinadas con armaduras de madera y mediante bóvedas. Las soluciones que se usaron al principio, buscando resolver la estructura y el acabado de la manera más sencilla sin complicaciones técnicas y evitando la necesidad de emplear materiales complejos (figura 7); estas fueron las cubiertas planas con acabado de terrado tomadas tanto de la tradición peninsular como de la indígena y las cubiertas inclinadas con estructura de madera en forma de artesa, formadas únicamente por la estructura necesaria, un par estructural simple el más común en Nueva España fue la de par y nudillo y maderos transversales a modo de tensores.

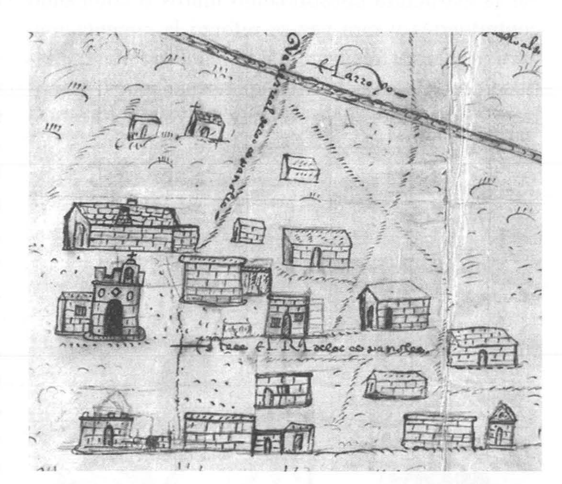


Figura7
Diferentes soluciones de cubiertas. *Real de españoles de Santiago Címapan en Hidalgo*, Archivo General de la NaciónMéxico.

Con el paso de los años, adquirido el conocimiento y la integración mestiza en las nuevas soluciones constructivas, las cubiertas de los edificios principales se solucionaron con bóvedas, primero de cañón y después de nervaduras y con cúpulas. Algunos autores han sostenido que en los edificios principales se prefirieron estas soluciones frente a las de madera no por necesidad sino más bien por razones de prestigio(Meli 2011, 98). La construcción de las bóvedas

en la mayor parte de las ocasiones se hizo con mampostería de calicanto que se colocaba directamente sobre una cimbra de madera, aunque algunas veces se solucionó con pequeños sillares de piedra o ladrillos. La calidad de los materiales de las bóvedas fue siempre más cuidada que la del resto de partes de la construcción.

Los mayores problemas en la construcción de las cubiertas se dieron en las soluciones abovedadastanto desde el comienzo de su construcción con la cimbra necesaria para sostener la bóvedacomo después en los casos de mala ejecución donde los colapsos fueron inevitables. Para todas las cubiertas fue, además, un problema añadido el paso del tiempo por la degradación natural del mortero cuando no se cuidósu mantenimientoy sobre todo su impermeabilización.

Algo nuevo

Resulta lógico pensar que los españoles a su llegada al Nuevo Mundo trataron de reproducir lo que habían dejado atrás, propósito con el que se emprendió una enorme tarea de construcción; pronto debieron encontrarse con condiciones locales tan diferentes que obligaron a un replanteo de las intenciones originales. A partir de este momento, se dio un proceso acelerado de adaptación y aculturación de ambas partesque se tradujo en una construcción con características propias, resultado de la contribución de dos mundos. Una rápida mirada a las primeras construcciones novohispanas del siglo XVI, pone de manifiesto la adaptación de las técnicas de construcción españolas a las condiciones locales tratando de minimizar el empleo de herramientas y de aprovechar el uso de una mano de obra tan numerosa como poco cualificada; pero también la incorporación de técnicas de origen prehispánico o adaptaciones de las mismas aportando la experiencia y el conocimiento que los nativos tenían sobre el territorio.

Notas

1 Tovar (1992) ha destacado la participación del Virrey en definir el estilo y las reglas de las construcciones novohispanas, probando además que tenía en su poder un ejemplar de *De re aedificatoria* de Alberti.

2. El trabajo de las comunidades indígenas se garantizó mediante las condiciones de repartimiento primero y de encomienda después; ambas fueron formas administrativasconcebidas desde la tradición feudal española, que establecíaservidumbre a los señores a cambio de protección a los siervos, usadas por los españoles en el territorio colonizado en América.
3. Para las herramientas,oficios… la fuente más interesante es el *Códice Florentino* que recogió las respuestasque los nativos a través de explicaciones orales y de dibujos dieron al cuestionario que entre 1560 y 1585 elaboró Fray Bernardino de Sahagún con el fin de comprender el mundo indígena para poder convencerlo de adoptar la nueva religión.
4. Para conocer los materiales y tipos de construcción que se utilizaban en Nueva España en el siglo XVI, resultan muy útiles las respuestas de la encuesta conocida como *Relaciones Geográficas*que el Consejo de Indias mandó realizar. Aunque el objetivo era conocer las características geográficas, sociales y económicas del nuevo territorio, también se incluyeron preguntas referentes a los recursos naturales disponibles o a las construcciones civiles y religiosas más importantes que reflejaron características de la construcción y de la arquitectura.
5. Existió un texto de Gil de Hontañón elaborado en el siglo XVI, aunque publicado siglos después, que recogió, entre otros, estos conocimientos. Los métodos de cálculo de Hontañón pueden considerarserepresentativos porque las construcciones en Nueva España se hicieron con esas características(Kubler [1983] 2012, 232).

Lista de referencias

Acuná, René. 1987.*Relaciones geográficas del siglo XVI*. México: UNAM.

Angulo Iñiguez, Diego. 1945.*Historia del arte hispanoamericano*. Barcelona: Salvat.

Cervantes de Salazar, Francisco y Joaquín García Icazbalceta. 1875. *México en 1554. Tres diálogos latinos que Francisco Cervántes Salazar escribió e imprimió en México en dicho año*. México: Andrade y Morales.

Chanfón Olmos, Carlos. 1997.*Historia de la arquitectura y el urbanismo mexicanos*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.

Cómez Ramos, Rafael. 1989.*Arquitectura y feudalismo en México: los comienzos del arte novohispano en el siglo XVI*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Díaz del Castillo, Bernal y Joaquín Ramírez Cabañas. 1939. *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España*. MéxicoD.F: P. Robredo.

Flores, Carlos. 1973.*Arquitectura popular española*. Madrid: Aguilar.

Gante, Pablo Ceuleneer de. 1954.*La arquitectura de México en el siglo XVI*. Buenos Aires: Porrúa.

Gómez Martínez, Javier. 1996. «Aproximación al estudio de la construcción en la nueva España. 1996». *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción: Madrid, 19-21 de septiembre de 1996*. Madrid: CEHOPU.

Kubler, George. [1983] 2012. *Arquitectura mexicana del siglo XVI*. México: Fondo de Cultura Económica.

López Guzmán, Rafael J. 2007.*Territorio, poblamiento y arquitectura: México en las relaciones geográficas de Felipe II*. Granada: Universidad de Granada.

Meli, Roberto. 2011.*Los conventos mexicanos del siglo XVI: construcción, ingeniería estructural y conservación*. México: Instituto de Ingeniería, UNAM

Osuna, Mariano Téllez-Giron y Beaufort. 1878. *Pintura del gobernador, alcaldes y regidores de México. Códice en geroglíficos mexicanos y en lenguas castellana y azteca, existente en la biblioteca del... duque de Osuna. Publícase por vez primera con la autorizacion competente*. Madrid: Impr. de M.G. Hernandez.

Paso y Troncoso, Francisco del y Edward King Kingsborough. 1912. *Códice Kingsborough. Memorial de los indios de Tepetlaoztoc al monarca español contra los encomenderos del pueblo*. Madrid: Fototipia de Hauser y Menet.

Romero de Terreros, Manuel. 1951.*El arte en México durante el virreinato; resumen histórico*. México: Porrúa.

Sahagún, Bernardino de. 1979.*Códice florentino*. México: Secretaría de Gobernación.

Sartor, Mario. 1992.*Arquitectura y urbanismo en Nueva España: siglo XVI*. Me_xico: Grupo Azabache.

Toussaint, Manuel. 1949.*Arte colonial en México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Estésticas.

Tovar de Teresa, Guillermo; Miguel León-Portilla y Silvio Arturo Zavala. 1992.*La Utopía mexicana del siglo XVI: lo bello, lo verdadero y lo bueno*. México: Grupo Azabache.

Cerdeña y Córcega: Intercambios de saberes constructivos en la fabricación de las torres costeras

Stefania Murru

El sistema de la defensa de la costa de Córcega es un buen punto de referencia para hacer una comparación útil con respecto al sistema defensivo de la Isla de Cerdeña. De hecho existen numerosas similitudes debido al contexto geográfico, histórico y ambiental en el que los dos sistemas defensivos fueron construidos. Esto sugiere la tesis de que entre las dos islas hubo una contaminación que se materializó en un intercambio de trabajadores y en consecuencia de saberes y procesos constructivos. Este intercambio, mencionado también en las fuentes históricas (Rassu 2005), puede ser aún más apreciable en las zonas geográficas más cercanas entre sí, en las que se centra este estudio: la costa sur de Córcega y la Costa Norte de Cerdeña (figura 1).

Las 12 torres Sardas objeto de la investigación son: Torre di Capo Falcone, della Pelosa y delle Saline en Stintino, T. di Cala d'Arena, di Cala d'Oliva y Trabuccato en la isla de Asinara, T. dell'Isola Piana en la isla homónima, T. di Abbacurrente en Porto Torres, T. di Frigiano en Castelsardo, T. dell'Isola Rossa en Trinità d'Agultu, T. di Vignola en Aglientu y T. di Longosardo en Sta Teresa Gallura. La ejecución de estas construcciones se sitúa en un periodo de tiempo comprendido entre las últimas décadas de siglo XVI y el 1610, con la excepción de la Torre dell'Isola Piana que fue construida con anterioridad (1518). Con respecto a Córcega, esta investigación se ha centrado en 7 torres: Tour de Campomoro en Belvédère-Campomoro, T. de Senetosa y de Roccapina en Sartène, T. de Olmeto en Monacia-d'Aullène, T. de Caldarello en Pianotolli-Caldarello y T. De Sant'Amanza y de Sponsaglia en Bonifacio.

La construcción de las siete torres de Córcega se sitúa en el mismo espacio temporal que las antes descritas en Cerdeña, con la diferencia de existe un mayor número de fortificaciones datadas en las primeras décadas del siglo XVII. En ambos casos se trata de pequeñas edificaciones con base circular realizadas con materiales autóctonos y con técnicas poco sofis-

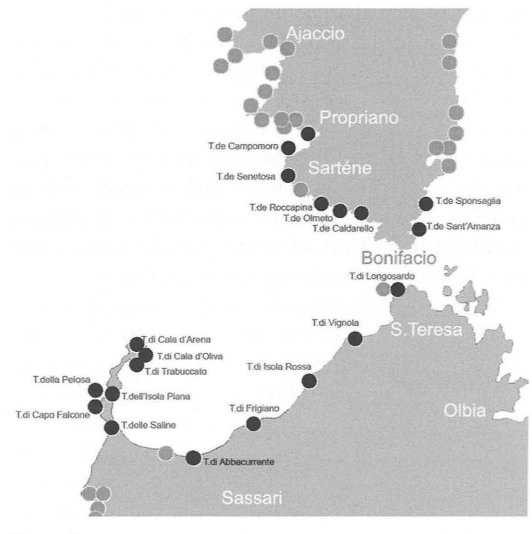


Figura 1
Mapa con las torres del norte de Cerdeña y Córcega del sur incluidas en este estudio (ilustración de la autora 2013)

ticadas, muchas de las cuales destinadas únicamente a la vigilancia. A veces son situadas en lugares inaccesibles y estratégicos enfocado a garantizar la máxima visibilidad de la costa, del mar y de las torres cercanas. Sería también posible hipotizar una conexión visual entre algunas torres de las dos islas, cuestión que podrá ser objeto de nuevas investigaciones.

Un contexto geoclimático muy similar, junto con las posibles similitudes en las técnicas constructivas que este estudio se propone de investigar, daría lugar a las mismas manifestaciones de deterioro y nos proporcionaría una información útil para determinar el grado de vulnerabilidad de estos monumentos, identificar las prioridades de acción y calibrar las mejores intervenciones de restauración.

Perfil histórico

La innegable importancia estratégica de las dos islas, siendo una encrucijada de rutas comerciales y militares, y su indefensibilidad, las hizo significativamente vulnerables a los frecuentes ataques que llegaban del mar e hizo necesaria la concepción de un sistema de defensa que garantizara a los Estados centrales el control del Mediterráneo Occidental (Mele 2010, 1:197-198).

Aunque la realización del sistema de torres costeras de Cerdeña abarque un período de casi cinco siglos (desde los primeros baluartes hechos en los puntos de especial interés estratégico y económico hasta las últimas torres, construidas o reconstruidas por el Reyno de Cerdeña al final del siglo XVIII), se puede decir que la fase edificatoria más significativa y productiva es la «fase española», que se puede colocar entre la segunda mitad del siglo XVI y la primera mitad del siglo XVII, el mismo período al que se refiere la construcción de las torres de Córcega.

De hecho, el proyecto de fortalecimiento de la costa de Córcega, empezado con una acción «de voluntariado» promovida por el *Banco di San Giorgio* en el siglo XVI, se desarrolló y llevó a cabo por iniciativa de la República de Génova, entre la segunda mitad del siglo XVI y la primera mitad del siglo XVII. Hay que señalar que en aquel tiempo Génova, aunque independiente, gravitaba en la órbita española (Serpentini 2010, 1:293-307).

En Córcega como en Cerdeña la escasez de recursos materiales y demográficos, indispensables para garantizar su inexpugnabilidad, y la posición evidentemente subordinada de las dos islas con respeto al gobierno central, dio lugar a una dificultad económica constante, continuamente reiterada en las fuentes de archivo. Esto llevó a renunciar a la creación de una flota naval y promover una defensa de tipo estático (Murgia 2010, 1:155-195), que preveía, en ambos casos, la realización de un sistema capilar de torres ubicadas al largo de todo litoral de ambas islas. Apreciamos una mayor concentración en algunas partes de la costa afectadas por actividades económicas importantes o especialmente vulnerables. En la mayoría de los casos estas fortalezas contaban con una simple función de observación.[1] La escasez de recursos disponibles para la construcción de estos baluartes junto a la necesidad de tiempos cortos de ejecución a causa de los frecuentes ataques durante las obras, provocó que se tomasen unas serie de decisiones proyectuales que influyeron, aunque con diferentes matices, en la forma, en los materiales y en las técnicas de construcción e implicaron el uso de soluciones técnicas y arquitectónicas poco sofisticadas.

Métodos utilizados

Dadas las numerosas similitudes entre los dos sistemas defensivos, se decidió aplicar el mismo protocolo de investigación para comprobar la peculiaridad de las técnicas constructivas y de este modo evidenciar las similitudes y diferencias entre ambos.

La investigación en las fuentes de archivo y bibliográficas

La abundancia de fuentes documentales sobre este tema, debido también a la existencia de una institución, en Cerdeña, llamada *Reale Amministrazione delle Torri*, permite una datación muy precisa de casi todos los edificios, así como de las obras realizadas a través de los siglos. De la misma manera, los documentos contenidos en el volumen «Turrium» del *Archivio di Stato di Genova* permiten una ordenación cronológica muy precisa de las torres de Córcega (figura 2).

A partir de las directrices contenidas en unas fuentes bibliográficas (Rassu 2005; Graziani 1992; Salon y Amalberti 1992), se procedió al análisis de los vo-

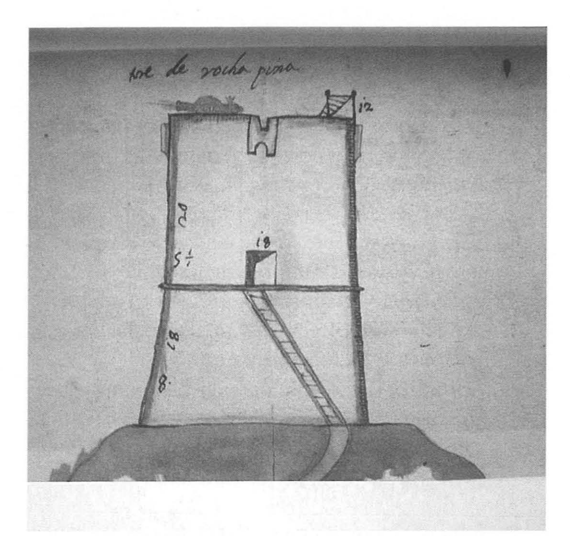


Figura 2
Dibujo acuarelado del *Archivio di Stato di Genova* que representa la torre de Roccapina (Graziani 1992)

lúmenes que contenían información útil para determinar la datación de la construcción, reconstrucción y mantenimiento así como datos referidos al tipo y a la cantidad de obras previstas. El análisis de los distintos fondos se centró en los dibujos y documentos de proyecto, en los contratos, en los presupuestos y mediciones y en los pliegos de condiciones técnicas.

Como se sabe, la mayoría de los materiales de construcción para este tipo de edificio se buscaba principalmente en el mismo sitio y son frecuentes, en los pliegos de prescripciones técnicas y en las mediciones y presupuestos, indicaciones sobre el lugar en el que encontrar cal o recomendaciones sobre la composición del mortero y los procesos constructivos, así como sobre el espesor de la escayola. También se procedió a la adquisición de datos relativos a las obras más recientes hechas por las instituciones propietarias.

Cruzando la información de los archivos históricos con los datos contenidos en la bibliografía se preparó un archivo que incluye los episodios más importantes de la vida de cada torre, con la fecha de construcción y de las reformas posteriores, así como la indicación, si se conoce, del nombre del arquitecto y del constructor. El archivo está enriquecido con enlaces multimedia a los documentos y por una representación gráfica de los datos que proporciona un soporte muy útil para las investigaciones in situ.

La investigación in situ y la toma de muestras

Un momento muy importante en la investigación para el conocimiento de estos monumentos está representado por las inspecciones hechas directamente in situ, lo que permitió realizar el levantamiento métrico y/o fotogramétrico de las torres y la toma de muestras de piedra natural y artificial (Giannattasio y Grillo 2011a, 245-253; Giannattasio y Grillo 2011b, 489-494). Se realizó para ello una ficha «operativa» para la toma de datos directos y su representación gráfica a través de «eidotipos». La ficha fue diseñada con el objetivo de una recogida de datos más «narrativa», dejando un espacio importante para la descripción y la síntesis gráfica y garantizando la justa flexibilidad, dado el carácter único de cada torre.

A una parte de descripción general de las características tipológicas, geométricas y materiales, le siguen unas secciones más detalladas, estructuradas por «macroelementos» (muros, envolventes, revestimientos y acabados), y dos secciones dedicadas al estado de conservación y accesibilidad. La investigación inicial permitió poner a prueba la validez y la

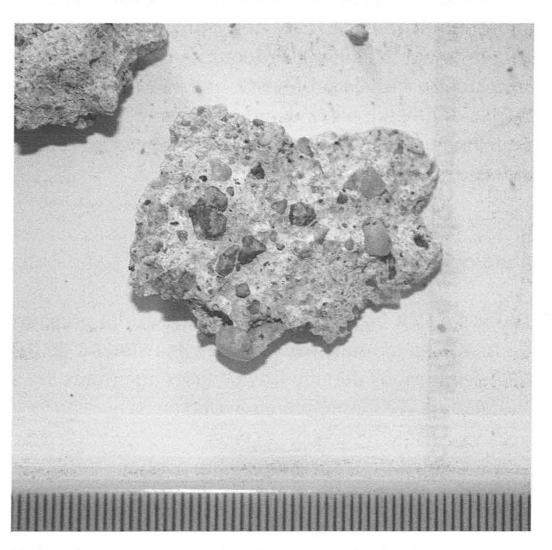


Figura 3
Muestra del encalado exterior, zona norte, de la Torre dell' Isola Rossa (foto de la autora 2013)

eficacia de la ficha y a partir de las consideraciones observadas durante la aplicación directa, se evaluó la realización de unas ligeras modificaciones. Este proceso de verificación y adaptación constante a las «necesidades del sitio» permanecerá activo incluso en futuras inspecciones. Paralelamente se procedió, mediante el uso de un martillo y un cincel, a la toma de muestras en los punto clave, de morteros, encalados (figura 3), materiales de impermeabilización y líticos (Giannattasio y Grillo 2010, 146-152; Giannattasio y Grillo 2013, 1:1-10).

Sucesivamente se realizaron en el laboratorio los siguientes análisis (Pecchioni, Fratini y Cantisani 2008): Análisis macroscópico directo; análisis petrográfico de sección delgada con microscopio en luz polarizada transmitida (OM); desintegración de morteros y tamizado para definir la curva granulométrica y la relación ligante/agregado; análisis en difracción de rayos X (DRX) del ligante y del agregado separados con método granulométrico. Los análisis enumerados han permitido obtener información sobre la posición estratigráfica y las características cromáticas, la textura y el proceso de producción de los materiales utilizados, la composición mineralógica y petrográfica de los materiales naturales y artificiales y su estado de conservación, la relación entre ligante y agregado, el tamaño de partícula, la forma y la distribución del agregado; la porosidad y el estado de conservación de la masa. Esto constituye una base sobre la que realizar adecuadas lecturas del monumento histórico y válidas propuestas para la recuperación que se originen a partir de un profundo conocimiento de los materiales históricos y de su aplicación (Giannattasio y Grillo 2011c, 237-244).

Catalogación y comparación

Basándose en estas premisas también se ha preparado una ficha pensada para recoger una síntesis de los datos adquiridos durante las dos fases anteriores.

Esta ficha se estructura en 5 secciones:

- Una sección anagráfica, que contiene datos generales sobre localización geográfica, referencias catastrales y vínculos presentes, propiedad actual e histórica, fecha de construcción y estado general de conservación;
- Una sección histórica que contiene la cronología resumida de la vida de la torre y una descripción más detallada de los momentos y de las reformas más importantes;
- Una sección general sobre la fábrica, con el objetivo de describir brevemente los «macroelementos» que constituyen la edificación y su estado general de conservación;
- Una sección sobre los acabados y revestimientos, que lleva como objetivo la caracterización cualitativa y cuantitativa de las capas superficiales y contiene los resultados de las investigaciones de la toma de muestras;
- Por último, una sección sobre los muros, pensada para describir en detalle las características dimensionales, texturales, estructurales y compositivas de los aparejos de mampostería.

El enfoque adoptado en la redacción de las fichas parte de un paralelismo con los métodos de estudio utilizados en la arqueología estratigráfica, aunque las herramientas de análisis hayan sido moduladas en función de la especificidad del tema. Para poder establecer una relación fácil entre los monumentos estudiados, las fichas fueron almacenadas en una base de datos interrelacionada siendo esta compatible con programas SIG y permitiendo así un mayor acceso a los datos y mejor flexibilidad en su uso.

Técnicas constructivas en las torres del sur de Córcega

Descripción

Realizadas sobre todo entre la primera y segunda décadas del '600 y a menudo por el mismo maestro de obras, desde el punto de vista geométrico, tipológico y dimensional las torres del sur de Córcega presentan una homogeneidad considerable. Salvo Caldarello y Campomoro, son edificaciones pequeñas, destinadas simplemente a la vigilancia. La forma se repite: una base troncocónica y un volumen cilíndrico, generalmente separados por una cornisa.

Existe una relación dimensional entre los dos volúmenes que determina una esbeltez apreciable y se puede comprobar con los numerosos dibujos encontrados en el archivo (Graziani, 1992): en las torres más pequeñas el volumen cilíndrico tiene una altura generalmente mayor de unos 50 cm (2 «*palmi*») con

respecto a la base[2], mientras que el diámetro interior de la habitación principal es equivalente a la altura del volumen troncocónico.

Esto es el caso de las torres de Roccapina y Sponsaglia, elegidas como estereotipos en el ámbito de este estudio por su estado de conservación y accesibilidad y porqué pueden constituir, junto con la torre de Campomoro, un buen término de comparación. Las dos torres alojan al interior del volumen cilíndrico una sola habitación abovedada con una cúpula a la que se accede a través de la escotilla situada al nivel de la cornisa. La base tronco-cónica, con una altura media entre 4,5 y 5,5 m, albergaba la cisterna, como lo atestiguan los antiguos documentos de construcción (Graziani, 1992) y como se lee también en las fichas del Ministerio[3].

En Roccapina es todavía visible la escalera para el acceso a la plaza de armas realizada en el espesor de la pared, mientras que de la segunda torre no se conoce el sistema de conexión. En la primera torre los muros se componen principalmente de bloques en granito, semi-labrados, de tamaño medio-pequeño, sin llevar hiladas y con aparejo «*a cantieri*»[4] de espesor de aproximadamente 60 cm (2,5 *palmi*); los espacios entre los bloques están ocupados por elementos de piedra más pequeños o trozos de ladrillo. En la pared se notan 3 órdenes de agujeros para los andamios. En la torre de Sponsaglia los muros están construidos con bloques de tamaño medio-pequeño, aparejados «*a cantieri*», sin labrar y sin ladrillos; muchos elementos de madera están incluidos dentro del espesor de la pared.

En ambos casos se trata de mampostería nucleada, con un espesor que, según los documentos de diseño encontrados en los archivos (Graziani, 1992) varía entre los dos volúmenes: en la base tiene un espesor mayor (8-9 *palmi*), mientras al nivel de la habitación principal las paredes son de 5-6 *palmi*; el muro del parapeto es aproximadamente de 60 cm (2,5 *palmi*). Ambas torres se encuentran en un avanzado estado de deterioro, pero mientras Roccapina conserva los dos volúmenes y los colapsos más importantes se concentran en el área alrededor de la escotilla, Sponsaglia ha sufrido un colapso importante de todo el volumen cilíndrico y una porción del esto todavía se encuentra al pie de la torre. El encalado es casi totalmente ausente en la torre de Roccapina, mientras aún se conserva parcialmente en la torre de Sponsaglia. Al contrario, las condiciones de conservación de la torre de Campomoro (figura 4) son muy buenas; la torre ha sido recién restaurada por iniciativa del Conservatoire du Littoral y está abierta para las visitas.



Figura 4
La Tour de Campomoro (foto de la autora 2013)

Aunque tenga una geometría convencional, lleva dimensiones más grandes y una relación proporcional diferente entre el diámetro y la altura le da una configuración más achaparrada. El diámetro del volumen cilíndrico es aproximadamente de 14 m mientras que la altura, muy variable, es de 12 m en las proximidades de la escotilla. La base alberga la cisterna cuya abertura se ha dejado expuesta en la última restauración. Desde la entrada, situada a una altura de 5 m y hoy accesible a través de una escalera de metal, se entra en la habitación principal, abovedada con una cúpula; en este espacio se abren dos troneras con elementos en ladrillo. Una escalera de 29 pasos construida en el espesor de la pared a la izquierda de la escotilla permite el acceso a la plaza de armas. Aquí el parapeto termina con 36 ménsulas. El muro es de bloques de granito de tamaño medio-pequeño, sin labrar, con hiladas irregulares y «cantieri» de 80-85 cm. El espesor al nivel de la escotilla es alrededor de 2,70 m y de 1,20 m en el parapeto. Aquí también hay unos órdenes de agujeros para los andamios. Los

encalados exteriores casi han desaparecido y en la última restauración eligieron no recuperarlos, mientras que las superficies interiores están encaladas.

Caracterización de los materiales

Como se ha señalado en los párrafos anteriores, por razones principalmente económicas y también para la reducción de los tiempos de realización, en la edificación de estos baluartes se utilizaron casi exclusivamente materiales autóctonos. Por esta razón, el tipo de piedra utilizado replica casi fielmente el contenido del mapa geológico que se refiere a estos territorios. Desde este punto de vista el sur de Córcega es bastante homogéneo y por lo tanto sigue una apreciable homogeneidad en los materiales de las torres. El litotipo más frecuente es el leucogranito, presente en las torres de Olmeto, Senetosa, Roccapina y Campomoro.

A continuación, aparecen leucomonzogranitos de grano grueso (Tour de Sant'Amanza y de Sponsaglia), monzogranitos con biotita y anfíbol (Tour de Caldarello) y granodiorita porfídico (Tour de Sponsaglia). Los morteros utilizados en las juntas son hechos predominantemente con ligante carbonático y tienen una consistencia muy friable. El agregado es presente en porcentaje muy alto con respecto al ligante; se presenta muy grueso y parece derivar parcialmente de la frantumación de las piedras del sitio. Frecuente también el uso de la arena de las playas al lado de las torres. En las zonas que necesitaban una mejor impermeabilización se nota la presencia de unos materiales hidrofugantes como escamas de ladrillo.

Técnicas constructivas en las torres del norte de Cerdeña

Descripción

Aunque presenten muchos elementos en común, las torres del norte de Cerdeña constituyen un ábaco más heterogéneo de tipologías y geometrías. El tamaño también varía considerablemente en virtud de las diferentes funciones que absolvían: muchas son de tamaño medio y eran destinadas principalmente a la defensa ligera, pero también hay algunos ejemplares pequeños (Torre di Abbacurrente y Frigiano) destinados exclusivamente a la observación o torres más grandes como Longosardo (figura 5) y Pelosa que tenían que aguantar el peso de una mayor dotación de artillería.

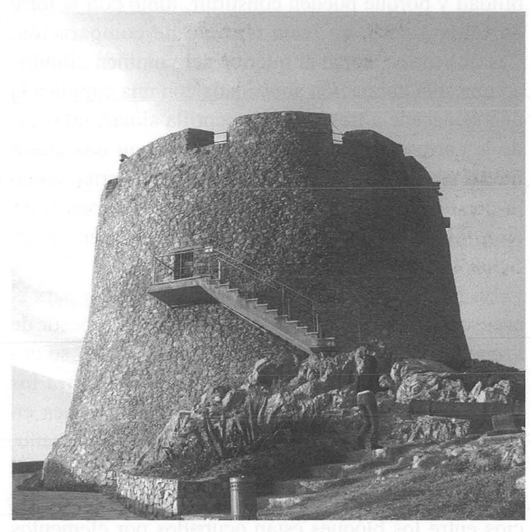


Figura 5
La *Torre di Longosardo* (foto de la autora 2013)

Dado el gran número de edificaciones analizadas, en este trabajo se decidió estructurar la investigación por zonas homogéneas y establecer unos casos de estudio representativos, identificando dos zonas distintas, la «zona de Stintino-Asinara» y de la «zona de Gallura». Las torres inscritas en las dos zonas, de hecho, se encuentran en territorios con la misma configuración geológica y entonces son unidas por el uso de los mismos materiales; esto se traduce en muchas similitudes tanto desde el punto de vista geométrico-tipológico que de los aparejos de mampostería.

Zona Stintino-Asinara

En la «zona Stintino-Asinara» la atención se ha centrado en las tres torres de la isla de Asinara, por las que se realizó un proyecto único cuya realización fue encargada al maestro de obras Girolamo Carta y se terminó en 1610 (Rassu, 2005). Las tres torres son de

forma troncocónica con un ligero derramo que varía entre 2-7%.[5] Las torres de Trabuccato y Cala d'Arena son de tamaño muy similar: tienen un diámetro de unos 13 m en la base y 12 m en la parte superior, con una altura media de 11 m (al nivel de la escotilla) y el entrada situada aproximadamente a una altura de 5,5 m. Ligeramente más pequeña y más esbelta es la torre de Cala d'Oliva, con un diámetro de base de 10 m y una altura que va desde 9,50 hasta 12 m. Incluso la entrada se coloca a un nivel más alto (casi 7 m).

En Trabuccato la habitación principal es abovedada con una cúpula y una gran columna central, y se divide en dos compartimientos por un tabique. Al intradós de la cúpula se leen las ranuras grabadas por las cañas de la cimbra utilizada para su construcción y dos filas de estantes de madera con un paso constante, uno al nivel de la base y otro a un nivel más alto. Además a través de un agujero (figura 6) ha sido posible determinar su estratigrafía exacta y leer la superposición de las capas de impermeabilización debidas a las varias reformas. También se observa cómo en la capa estructural, al extradós, se ha utilizado una piedra caliza, diferente de aquella utilizada en el cuerpo de la torre, más blanda y porosa y por lo tanto más fácil de labrar.[6]



Figura 6
Una imagen del agujero presente en la cúpula de la Torre di Trabuccato en la Isla de Asinara (Altamura Paola Rita 2013)

Una escalera hecha en el espesor de la pared, con la cubierta en vigas de enebro, conduce a la plaza de armas. Los muros son de mampostería nucleada y tienen aproximadamente un espesor de 2,50 m; se componen de dos paramentos de 70-80 cm con un núcleo de piedra machacada y de cal. Los mampuestos de mica-esquisto son de tamaño medio-grande, sin labrar, y aparejados con la técnica «*a cantieri*» de espesor de 80 cm. En las ménsulas y en las garitas aparece el mismo material, la piedra caliza, que se encuentra en el espesor de la bóveda; los bloques de piedra son más regulares, semi-labrados y de tamaño más grande.

El estado de deterioro de la torre está muy avanzado; las condiciones particulares de exposición junto con la falta de mantenimiento se han traducido en una profunda erosión de las juntas con consiguiente colapso de porciones del paramento exterior. También se leen algunas lesiones muy preocupantes, concentradas en los puntos más sensibles, como la chimenea o el conducto que lleva el agua de lluvia a la cisterna. En Cala d'Oliva la habitación principal es abovedada con una cúpula y conectada a la plaza de armas por una escalera realizada en el espesor de la pared. Los muros tienen aproximadamente un espesor de 2 m, al nivel de la escotilla, y son construidos con elementos de piedra de tamaño medio, sin labrar, y aparejados en «*cantieri*» de unos 80 cm.

La torre se encuentra en un excelente estado de conservación. En la torre de Cala d'Arena, abandonada en la primera mitad del siglo XVII y situada en una zona de difícil acceso, se leen muchas manifestaciones de inestabilidad estructural: dos profundas lesiones transeúntes en posición simétrica son el origen probable del colapso de la cúpula y numerosos vacíos debilitan la mampostería. Las precarias condiciones de conservación no han permitido el acceso al interior en el que se derrumbó la cúpula; por lo tanto fue posible detectar un número menor de informaciones. Se supone, a partir de observaciones hechas en las numerosas lacunas, que los muros tengan un espesor similar a la torre de Trabuccato (2,50 m). Estos son de mampostería nucleada y se componen de elementos de mica-esquisto de tamaño medio, aparejados en «*cantieri*». A diferencia de las otras dos torres no lleva zócalo, pero tiene unos enormes bloques de granito colocados en la parte baja. Igual que en las otras, también aparecen aquí los rastros de las ménsulas de piedra caliza.

Zona de Gallura

En la «zona de Gallura» se identificaron como casos de estudio las torres de Longosardo, Vignola y de Isola Rossa.

Las dos primeras, recién restauradas, se encuentran en un excelente estado de conservación, aunque el uso de morteros incompatibles con los materiales históricos dio lugar a una mala adherencia y a locales despegamentos de las juntas.

La torre de Longosardo tiene un tamaño considerable y una configuración achaparrada; consta de un gran volumen tronco-cónico con basamento, sobre el que se establece un volumen cilíndrico, con una altura que varía entre 8,5 y 13 m y un diámetro de 16 m al nivel de la habitación principal.

La entrada, situada a una altura de 6 m, a la que se llega a través de una escalera de hormigón recién realizada, permite el acceso a la habitación principal; esta lleva una bóveda en forma de seta y columna central y una sola ventana en el lado opuesto a la escotilla. Una escalera realizada en el espesor de la pared, a la derecha de la entrada, permite el acceso a la plaza de armas que culmina con grandes almenas. Los muros espesos unos 3m, se componen de bloques de tamaño medio-pequeño, sin labrar, principalmente en granito. Presentan una buena homogeneidad, a excepción de algunas reintegraciones en la parte alta. Los bloques siguen un aparejo «*a cantieri*» aproximadamente de 50 cm. El encalado en las superficies exteriores se ha destacado por completo.

La torre de Vignola consta de un volumen troncocónico sin basamento, pero lleva grandes elementos de granito colocados en parte baja. Al estar diseñada por una defensa ligera, tiene dimensiones más pequeñas que la anterior: un diámetro de base de unos 12 m, un derramo de 9-10% y una altura media de 11,50 m. Subiendo por una escalera de piedra recién construida se accede a la habitación principal, colocada a una altura de 5 m y cubierta por una cúpula con columna central. La mampostería, homogénea en todo el desarrollo de la torre y de espesor de unos 2,2 m al nivel de la entrada, se compone de bloques de tamaño medio, predominantemente de granito; los «*cantieri*» de 80-85 cm terminan con elementos líticos más pequeños. La reciente restauración, que ha consistido en la eliminación completa del encalado, la trajo de nuevo a la vista.

Por último, la torre de Isola Rossa, en avanzado estado de deterioro, pero mientras que las juntas orientadas al sur se erosionaron en profundidad y el debilitamiento del paramento exterior dio lugar a colapsos locales, la zona norte todavía conserva abundantes áreas de encalado. Su geometría consiste en un volumen troncocónico con derramo muy ligero y tamaño considerable: tiene un diámetro de 15 m en la base y una altura máxima de unos 14 m. No tiene zócalo, pero tiene unas grandes piedras de granito colocadas en la parte baja. La entrada, situada a unos 5 m sobre el nivel del mar, está desprovista de escalera y permite el acceso a una habitación abovedada con cúpula y columna central, con dos pequeñas ventanas dispuestas simétricamente. A la plaza de armas se accede por una escalera construida en el espesor de la pared, a la derecha de la escotilla. Los muros de mampostería nucleada, sin llevar hiladas, constan de bloques de granito de tamaño medio-grande, sin labrar, aparejados en «*cantieri*» de alrededor de 80 cm, y al nivel de la escotilla tienen aproximadamente un espesor de 3 m. La parte alta está coronada por unas ménsulas, muy similares a las que se encontraron en las torres de la Asinara.

Caracterización de los materiales

El área de Stintino-Asinara se caracteriza por el predominio de mica-esquisto de tamaño medio-pequeño, gris-verdoso y amarillento muscovítico-biotítico, clorítico y anfibólico. Están presentes de forma esporádica y concentrados en la parte baja, grandes bloques de granito gris o rosa, con dos micas, transeúntes a formas porfídicas y pegmatíticas. Algunos detalles como los postes y dinteles de las aberturas o de las garitas suelen estar hechos de materiales como conglomerados y arenisca cuarzosa, piedra caliza, transeúntes a piedra caliza arenisca. En Gallura se ve una prevalencia de materiales graníticos: granitos biotíticos, transeúntes a nivel local a granodiorita, con grano generalmente heterogéneo y de color rosa, y el granito porfídico, con masa basal de grano medio o medio-pequeño, en el que destacan grandes cristales de feldespato de color rojo o blanco. No están inscritas en ninguna de las dos áreas la torre Abbacurrente, que consiste principalmente de piedra caliza y detritus orgánico heterogéneo, grueso, blanco y amarillo, transeúnte a depósito margoso y la torre de Frigiano, construida con piedra pómez tobas, en lugares ricos en restos vegetales carbonizados del área Castelsardo-Codaruina.[7]

En las juntas se han utilizado predominantemente morteros con ligante carbonático caracterizados por una alta presencia de agregado. El agregado aparece grueso y, como se esperaba, varía significativamente en comparación con la zona geográfica. Se nota la abundancia de cuarzo, feldespato, moscovita y fragmentos de roca volcánica en la zona Stintino-Asinara. Es frecuente también la presencia de fósiles. Para la impermeabilización de la plaza de armas se añadían a los morteros unos materiales hidrofugantes (especialmente escamas de ladrillo) y el ligante parece ser más compacto. Los encalados internos tienen la misma composición de agregado, pero el grano es más fino. Cabe señalar la presencia de numerosos bultos de cal mal cocinados.

Elementos similares y diferencias significativas

Desde una primera comparación entre las fuentes de archivo consultadas se revela un enfoque proyectual ligeramente diferente: de hecho, aunque también en Córcega en describir las obras a menudo se citan a las torres ya construidas (Graziani, 1992), es más frecuente la presencia de dibujos de proyecto con suficiente detalle, acompañados de un cálculo detallado de las obras. Esto se traduce en un menor margen de interpretación en la realización de las obras y por lo tanto da lugar a una ejecución más fiel, tanto en coste como en tiempo, al proyecto original.

De hecho en las torres sardas son frecuentes variaciones en obra, con consiguiente incremento de costes, y procesos legales relacionados, además que a la inexperiencia de los trabajadores, también a la falta de dibujos que garantizaran la ejecución correcta de las obras (Rassu 2005). En cuanto a la geometría, en Cerdeña hay un ábaco más heterogéneo en el que aparece predominantemente la torre tronco-cónica con derramo muy leve (<10%) y zócalo basamental, pero también hay torres que constan de un volumen tronco-cónico y de un cilindro (Capo Falcone y Longosardo). En Córcega la geometría consolidada es volumen troncocónico con cilindro, sin zócalo basamental, en el que varían sólo las relaciones proporcionales.

La articulación de los espacios en tres niveles es casi idéntica: el sótano está lleno y alberga la cisterna; la sala principal, con pocas aberturas, está situada a una altitud normalmente atestiguada a 5-6 metros; por último encontramos el tercer nivel en el que está la plaza de armas, conectada por una escalera interior a la pared. Los muros, siempre de mampostería nucleada, están realizados con bloques de piedra de la zona, sin labrar, el tamaño y el tipo de corte varía en función del nivel de trabajabilidad del material utilizado, aunque en las torres de Córcega se pueda notar el uso de bloques un poco más pequeños y una mayor uniformidad en las dimensiones de los mismos. En Cerdeña la excepción está representada por la torre de Longosardo que, en comparación con las de la misma zona, tiene bloques de tamaño más pequeño y un aparejo más homogéneo.

El espesor de los «cantieri» es variable: en las torres de Córcega son más frecuentes espesores más reducidos (alrededor de 50-60 cm), mientras que en las torres sardas se encuentran espesores de 80-85 cm, con una sola excepción en la torre Longosardo para Cerdeña y Campomoro para Córcega. En ambos casos los morteros históricos, echos predominantemente con ligante carbonático y con un alto porcentaje de agregados de dimensión considerable, aparecen muy friables. A menudo su deterioro, más que lo de los bloques de piedra, es la causa que ha generado la inestabilidad de la pared y, a veces, el colapso de las estructuras.

El intercambio de saberes constructivos entre las dos islas: una hipótesis confirmada?

Incluso en el contexto de las técnicas constructivas los resultados de este estudio sacan a relucir una serie de analogías que parecen confortar la tesis inicial, particularmente convincente en el caso de las torres de Longosardo y Campomoro en las que estas similitudes parecen aún más manifiestas. Para tener un panorama más completo, sin embargo, sería conveniente ampliar la investigación a otras torres de esta zona que, debido a una mayor estratificación de las intervenciones, puede requerir un estudio más complicado. Además ampliar el radio de búsqueda a las zonas geográficas cercanas podría ayudar a entender si estas similitudes se agotan en los límites de este territorio, y por lo tanto refuerzan la tesis del intercambio local de trabajadores, materiales y saberes constructivos, o si el fenómeno está más extendido y forma parte de una influencia más general de las técnicas de construcción de matriz española de las dos islas. Por lo tanto, el auspicio es lo de ampliar la investigación en los próximos estudios.

Notas

1. Se cree que en Cerdeña sólo el 14% del total estaba constituido por torres de defensa pesada («torres gallardas»), mientras que en el 32% se trataba de «torres senzillas» construidas para la defensa ligera y hasta un 54% eran torres de vigilancia o «torrezillas».
2. «*Palmo genovese*» interpretado como «*palmo di canna*» usado después del 1100, equivalente a 0,247760 metros, que consta en 10 «*once del piede comune*» (Rocca 1871).
3. Catalogación de monumentos históricos bajo protección en http://www.culture.gouv.fr/public/mistral/merimee_fr.
4. Técnica de construcción irregular caracterizada por hiladas horizontales periódicas y de espesor variable.
5. Cabe señalar que reconstrucción tridimensional con la tecnología «image matching» sacó a relucir un volumen que se podría asimilar a un volumen tronco-cón ico con ligero derramo sobre un cilindro en la parte basamental.
6. Parece que el mismo material haya sido utilizado también para la producción de los ligantes que componen los morteros.
7. La información sobre la geología de los territorios con respecto a Cerdeña ha sido recogida de http://www.isprambiente.gov.it/.

Lista de referencias

Graziani, G. M. 1992. *Les tours littorales*. Ajaccio: Alain Piazzolla.

Giannattasio, Caterina y S. M. Grillo. 2010. «Dating techniques through the characterization of materials. XVI century South Sardinian Coast defense towers». *Proceedings of the 2nd Latin-American Symposium on Physical and Chemical Methods in Archaeology, Art and Cultural Heritage Conservation. Selected papers archaeological and arts issues in materials science - LASMAC & Archaeological and Arts Issues in Materials Science (Cancún, August 16-20 2009)*, 146-152. Cancún: UNAM, Universidad Autónoma de Campeche, INAH.

Giannattasio, Caterina y S. M. Grillo. 2011a. «Traditional masonry techniques and characterization of materials: the Mezzaspiaggia Tower (Cagliari, Sardinia)». *10th ICAM Proceedings - International Council for Applied Mineralogy (Trondheim, 1-5 August 2011)*, 245-253. Trondheim: Library of the Geological Survey of Norway.

Giannattasio, Caterina y S. M. Grillo. 2011b. «The Mezzaspiaggia tower (Cagliari-Italy): the dating of structures by the metrological-chronological analysis of masonry and the petro-geochemical stratigraphy of building materials». *Proceedings of the 37° International Symposium on Archaeometry (Siena, May 12-16 2008)*, 489-494. Berlin-Heidelberg: Springer.

Giannattasio, Caterina y S. M. Grillo. 2011c. «The roman bridge of Sant'Antioco (Sardinia, Italy): the analysis of masonries and characterization of materials». *10th ICAM Proceedings - International Council for Applied Mineralogy (Trondheim, 1-5 august 2011)*, 237-244. Trondheim: Library of the Geological Survey of Norway.

Giannattasio, Caterina y S. M. Grillo. 2013. «On-site and laboratory investigation on the 16th-17th century masonries: The Foxi defensive tower (Sardinian Cagliari Gulf)». *Open Journal of Archaeometry, proceedings of the 38th International Symposium on Archaeometry - ISA 2010, Tampa, Florida, May 10th - 14th,* 1:1-10. Pavia: PAGEPress Publications.

Mele, Giuseppe. 2010. «Torri o galere? Il problema della difesa costiera in Sardegna tra XVI e XVIII secolo». *Contra moros y turcos. Politiche e sistemi di difesa degli stati mediterranei della corona di Spagna in Età Moderna. Atti del Convegno internazionale di studi Villasimius-Baunei 20-24 settembre 2005*, 1:197-198. Dolianova: Grafica del Parteolla.

Montaldo, Gianni. 1992. *Le torri costiere della Sardegna*. Sassari: Delfino Carlo Editore & C.

Murgia, Giovanni. 2010. «Presenza Corsara nel Mediterraneo occidentale e problemi di difesa nel Regno di Sardegna (secoli XVI-XVII)». *Contra moros y turcos. Politiche e sistemi di difesa degli stati mediterranei della corona di Spagna in Età Moderna. Atti del Convegno internazionale di studi Villasimius-Baunei 20-24 settembre 2005*, 1:155-195. Dolianova: Grafica del Parteolla.

Pecchioni, E.; Fratini, F. y E. Cantisani. 2008. *Le malte antiche e moderne tra tradizione e innovazione*. Bologna: Patron.

Rassu, Massimo. 2005. *Sentinelle del mare. Le torri della difesa costiera della Sardegna*. Dolianova: Grafica del Parteolla.

Rocca, Pietro. 1871. *Pesi e misure antiche di Genova e del Genovesato*. Genova: Tipografia del R. Istituto sordomuti.

Salone, A. M. y F. Amalberti. 1992. *La Corse, images et cartographie*. Ajaccio: Alain Piazzolla.

Serpentini, A. L. 2010. «Aspects du système défensif de la Corse Génoise à l'époque moderne». *Contra moros y turcos. Politiche e sistemi di difesa degli stati mediterranei della corona di Spagna in Età Moderna. Atti del Convegno internazionale di studi Villasimius-Baunei 20-24 settembre 2005*, 1:293-307. Dolianova: Grafica del Parteolla.

La baída sobre planta pentagonal en la colegiata de Huéscar (Granada)

Pau Natividad Vivó
Ricardo García Baño

Durante la primera mitad del sigloXVI se construye, en la Colegiata de Huéscar, una sacristía de planta pentagonal irregular cubierta por unabóveda esférica de piedra que, en su adaptación a la estancia, interseca con los muros perimetrales generando una curiosa bóveda baída.No es frecuente encontrar baídas de canteríasobre plantas irregulares, mucho menos pentagonales, y si tenemos en cuenta la temprana fecha de su construcción en comparación con la mayoría de las baídas renacentistas, es evidente que se trata de un caso especialmente singular. Por estos motivos planteamos el estudio de su forma y construcción a partir de un levantamiento riguroso y apoyándonos en los textos de cantería más relevantes del sigloXVI. El objetivo[1] es analizar la geometría, entendida como resultado de afrontar la cubrición de una planta irregular mediante una esfera, y la construcción,con piedra labrada, de la forma previamente establecida.[2]

La Colegiata de Huéscar: hipótesis sobre su proceso constructivo

Huéscar, frontera entre reinos cristianos y musulmanes durante varios siglos, quedó definitivamente reconquistada en 1488.Las Diócesis de Toledo y Guadix reclamaron, entonces,el dominio eclesiástico de la ciudad, lo que derivó en un largo pleito que al final se resolvió a favor de Toledo.Tras la disputa, el Arzobispadode Toledo decidióedificaren la población un gran templo como muestra de su poder y sus derechos, frente a la jurisdicción de Guadix-Baza, sobre aquel lejano pero estratégicoenclavede intensa actividad comercial entreLevante, Andalucía y Castilla.Así comenzó la construcción de la monumental *Colegiata de Santa María de la Encarnación*, iglesiade dimensiones catedralicias y que todavía hoy predominasobre el urbanismo oscense (figura 1).

Muchas son las incógnitas que se plantean a la hora de abordar el estudio histórico y constructivo de

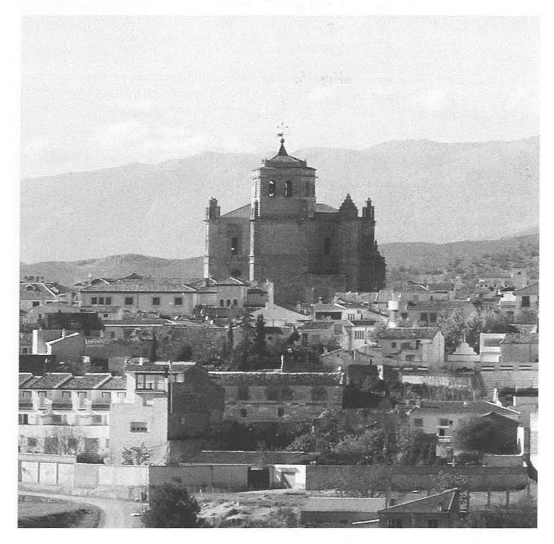
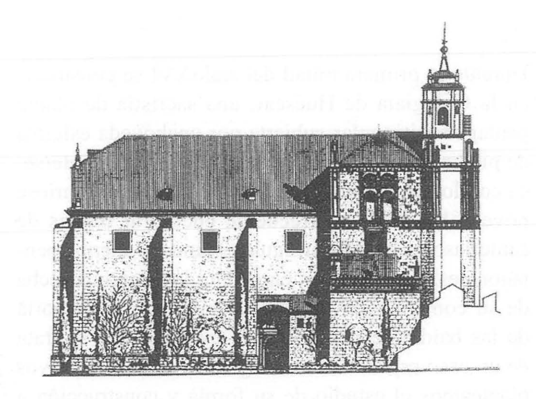


Figura 1
La Colegiata de Huéscar (foto de los autores 2012)

la colegiata, especialmente en lo referido a las fechas y los maestros partícipes. Esto se debe al vacio documental consecuencia del incendio que en 1936 destruyó su archivo, donde se conservaba gran cantidad de datos del Arciprestazgo de Huéscar y que nunca fueron analizados a fondo. Entre los autores que han escrito sobre la colegiata podemos citar a Camón Aznar (1945, 121), quien habla muy brevemente sobre su magnífica cabecera, o Chueca (1953, 243), queresalta lo impresionante del edificio, con tres naves de igual altura cubiertas por baídas y unacabecera poligonal al estilo de Siloé cuyo exterior, de estética castellanizada, resulta extraño en la región. Por su parte, González Barberán (1972), gran conocedor del templo, presenta un estudio detallado, perociertamente aventurado,del proceso constructivo.

Según González Barberán, la primera etapa, gótica, comenzaría con la decisión de construir la colegiata a extramurosdebido alcrecimiento de la población y la pobreza del templo que se venía utilizando, antigua mezquita. En esta fase, que empezaría en torno a 1500,se levantan los muros dela elevada cabecera.En 1530comenzaría la segunda etapa, de primeraobra renacentista o adaptación plateresca, bajo la dirección de Alonso de Covarrubias y Diego de Siloé,donde se aplica un tratamiento decorativo acorde a los nuevos gustosestéticos y se añaden varias partes al conjunto, entre ellas,la sacristía (hoy *sacristía vieja)* adosada a la cabecera, y cuyo acceso desde el ábside se realiza a través deuna portada de estética isabelina(figura 2). En la tercera etapa, de definitiva obra renacentista, entre 1540 y hasta 1580, se abandonarían las tareas decorativas anteriores para abordar una completa reestructuración del interior del templo, trazada por Siloé y ejecutada en su mayor parte por Andrés de Vandelvira, planteando una iglesia salón con tres naves a igual altura y cubiertas por bóvedas baídas. En posteriores etapas, y hasta el siglo XIX, se producirán nuevas intervenciones sobre el campanario y otras dependencias, configurando el edificio tal y como lo conocemos actualmente (figura 3).

Figura 2
Portada de acceso a la sacristía vieja (foto de los autores 2012)



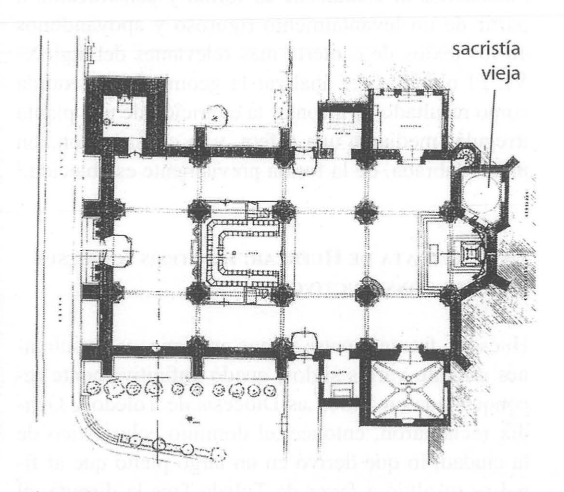


Figura 3
Planta y fachada lateral de la colegiata 1972 (Archivo Histórico Municipal de Huéscar 2012)

No obstante, Gómez-Moreno Calera (1989, 445-446) considera aventuradas ciertashipótesis planteadas por González Barberán, especialmente en lo referido a los maestros partícipes, cuestión con la que estamos completamente de acuerdo. En particular veforzada la participación de Siloé en la etapa plateresca, si bien no descarta influencias estilísticas que podrían haberse manifestado a través de Vandelvira, cuya intervención ve más segura. En cualquier caso, concluye que en la obra interviene más de una cabeza y más de una mano.

La bóveda baída de la sacristía vieja

El proceso constructivo planteado por González Barberán sobre la sacristía vieja resultabastante razonable: todo parece indicar queen primer lugar se levantaron los muros de la cabecera poligonal yposteriormente se adhirió,por el exterior, en el lado del evangelio, el cuerpo de base irregular y dos pisos que debía albergar la sacristía en la estancia inferior.Esto explicaría la falta de trabazón entre las fábricas de ambas partes y la forma tan peculiar de pentágono irregular que adquiere la planta de la sacristía. Cubriendo esta dependenciase dispusouna bóveda esférica ejecutada en piedra de cantería que, en su adaptación a la estancia,interseca con los muros perimetrales generando una curiosa bóveda baídacon cuatro pechinas completamente diferentes(figura 4).Consta de un total de 12 hiladas redondas, incluyendo la clave, y su intradós está profusamente decorado con infinidad de molduras, motivos florales y demás filigranas que se estructuran según bandas horizontalesy en concordancia con el despiece de las hiladas. En el casco superior destaca unahilada de casetones decorados,una gran *flor* dibujada con molduras deestética gótica, ycuatro querubines que rodean la clave y queal parecer están orientados según los cuatro puntos cardinales.



Figura 4
Bóveda baída en la sacristía vieja (foto de los autores 2012)

Pese a las mencionadas dificultades para fechar las etapas constructivas de la colegiata, parecerazonable pensar que la sacristía pudiera haberse ejecutado durante la primera mitad del siglo XVI, cuestión que sería coherente con el estilo y decoración que presentanla portada de accesoy labóveda. González Barberán plantea como posible autor a Alonso de Covarrubias, maestro mayor de la Catedral y Diócesis de Toledodesde 1534 (Marías 1983, 1: 204), aludiendo a la existenciade molduras y elementos decorativos específicamente toledanos que bien podrían ser de su factura. Aunque esta hipótesiscoincidiría con la observación de Chueca, quien hablaba del estilo castellanizado dela cabecera de la colegiata, y vendría apoyada por la presencia del arquitecto en Baza, en 1533, para la reconstrucción de la cabecera de la iglesia colegial (Marías 1983, 1: 213), lo cierto es que el vacio documental no permiterealizar ninguna afirmación al respecto. En cualquier caso,es evidente que el autor debía tener amplios conocimientos técnicos para abordar la traza y labra de una geometría tan singular.

Levantamiento arquitectónico

El objetivo del levantamiento es generar una documentación gráfica rigurosa a partir de la cual poder abordar el estudio formal y constructivo de la bóveda. En primer lugar, mediante el empleo de una estación total láser, se obtienen las coordenadas de diferentes puntos buscando definir lageometría y despiece de la bóveda. El resultado es una nube con 2100 puntos aproximadamente. A continuación estos puntos se cargan en un programa de CAD y se unen convenientemente con líneas rectas o curvas, según el caso, para generar un modelo alámbrico tridimensional. Después, a partir de estas líneas,se generan una serie de superficies para dar sensación de masa al levantamiento. De esta manera aquellos elementos que deberían verse ocultos dependiendo del punto de vista, pero que en el modelo alámbrico se veían a través de las líneas, ahora permanecen realmente ocultos.

El resultado definitivo es un modelo tridimensional que representa la formay el despiece del intradós de la bóveda y los arcos perimetrales. Un levantamiento tridimensional facilita enormemente el estudio formal y constructivo, y además permite generartodos los planos y perspectivas bidimensionales deseadas (figura 5, 6 y 7). Conviene indicarque hemos considerado pertinente simplificar y obviar parte de la decoración del intradós, fundamentalmente porque no pretendemos analizarlay pensamos que su inclusión añadiría excesivo detalle a los dibujos dificultando la lectura de la información relevante para el presente trabajo.

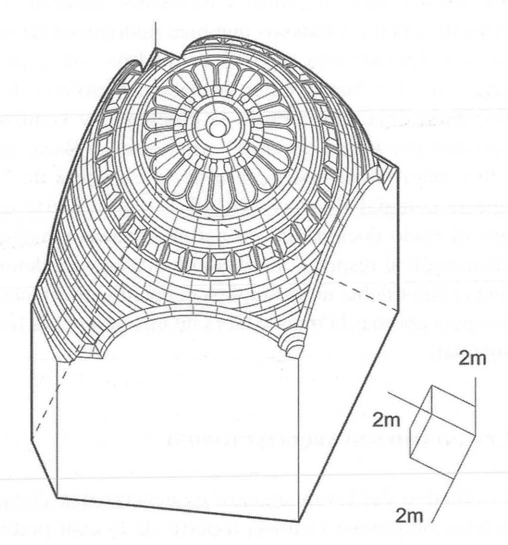


Figura 5
Perspectiva axonométrica (dibujo de los autores 2013)

Configuración formal

Normalmente se entiende por bóveda baída aquella que, teniendo un intradós esférico, cubre una estancia de planta cuadrada, rectangular opoligonal en general. Como puede apreciarse en las secciones verticales de la bóveda, el intradós se ajusta con bastante precisión a una circunferencia(figura 6 y 7). De hecho, si practicamos más cortes verticales a la bóveda, siempre pasando por el centro de la hipotética esfera que define sugeometría, se comprueba quetodas las secciones resultantes se ajustan a la misma circunferencia, que en realidad sería el *círculo mayor* de la mencionada esfera. Podemos afirmar, entonces, que la bóveda tiene intradós esférico.Por otro lado, si nos fijamos en la proyección en planta cenital, observaremosque la bóveda queda delimitada según un pentágono irregular (figura 6). Esta combinación de intradós esférico y planta poligonal da como resultado unabóveda baída.

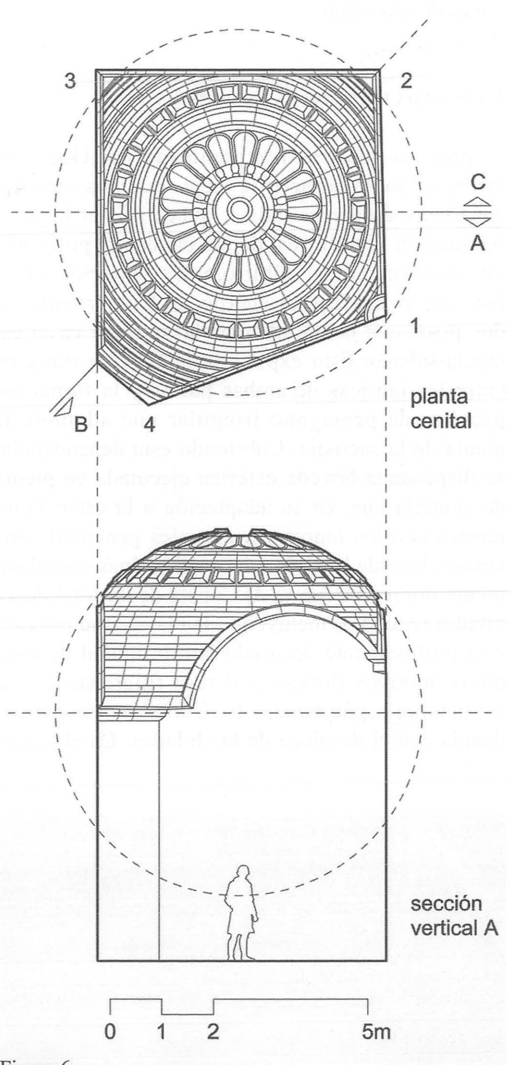


Figura 6
Planta cenital y sección vertical (dibujo de los autores 2013)

No obstante, Gómez-Moreno Calera (1989, 445-446) considera aventuradas ciertashipótesis planteadas por González Barberán, especialmente en lo referido a los maestros partícipes, cuestión con la que estamos completamente de acuerdo. En particular veforzada la participación de Siloé en la etapa plateresca, si bien no descarta influencias estilísticas que podrían haberse manifestado a través de Vandelvira, cuya intervención ve más segura. En cualquier caso, concluye que en la obra interviene más de una cabeza y más de una mano.

La bóveda baída de la sacristía vieja

El proceso constructivo planteado por González Barberán sobre la sacristía vieja resultabastante razonable: todo parece indicar queen primer lugar se levantaron los muros de la cabecera poligonal yposteriormente se adhirió,por el exterior, en el lado del evangelio, el cuerpo de base irregular y dos pisos que debía albergar la sacristía en la estancia inferior.Esto explicaría la falta de trabazón entre las fábricas de ambas partes y la forma tan peculiar de pentágono irregular que adquiere la planta de la sacristía. Cubriendo esta dependenciase dispusouna bóveda esférica ejecutada en piedra de cantería que, en su adaptación a la estancia,interseca con los muros perimetrales generando una curiosa bóveda baídacon cuatro pechinas completamente diferentes(figura 4).Consta de un total de 12 hiladas redondas, incluyendo la clave, y su intradós está profusamente decorado con infinidad de molduras, motivos florales y demás filigranas que se estructuran según bandas horizontalesy en concordancia con el despiece de las hiladas. En el casco-superior destaca unahilada de casetones decorados,una gran *flor* dibujada con molduras deestética gótica, ycuatro querubines que rodean la clave y queal parecer están orientados según los cuatro puntos cardinales.

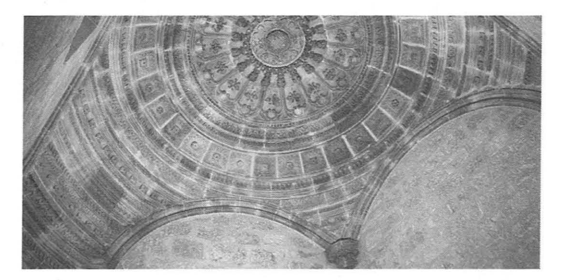


Figura 4
Bóveda baída en la sacristía vieja (foto de los autores 2012)

Pese a las mencionadas dificultades para fechar las etapas constructivas de la colegiata, parecerazonable pensar que la sacristía pudiera haberse ejecutado durante la primera mitad del siglo XVI, cuestión que sería coherente con el estilo y decoración que presentanla portada de accesoy labóveda. González Barberán plantea como posible autor a Alonso de Covarrubias, maestro mayor de la Catedral y Diócesis de Toledodesde 1534 (Marías 1983, 1: 204), aludiendo a la existenciade molduras y elementos decorativos específicamente toledanos que bien podrían ser de su factura. Aunque esta hipótesiscoincidiría con la observación de Chueca, quien hablaba del estilo castellanizado dela cabecera de la colegiata, y vendría apoyada por la presencia del arquitecto en Baza, en 1533, para la reconstrucción de la cabecera de la iglesia colegial (Marías 1983, 1: 213), lo cierto es que el vacio documental no permiterealizar ninguna afirmación al respecto. En cualquier caso,es evidente que el autor debía tener amplios conocimientos técnicos para abordar la traza y labra de una geometría tan singular.

Levantamiento arquitectónico

El objetivo del levantamiento es generar una documentación gráfica rigurosa a partir de la cual poder abordar el estudio formal y constructivo de la bóveda. En primer lugar, mediante el empleo de una estación total láser, se obtienen las coordenadas de diferentes puntos buscando definir lageometría y despiece de la bóveda. El resultado es una nube con 2100 puntos aproximadamente. A continuación estos puntos se cargan en un programa de CAD y se unen convenientemente con líneas rectas o curvas, según el caso, para generar un modelo alámbrico tridimensional. Después, a partir de estas líneas,se generan una serie de superficies para dar sensación de masa al levantamiento. De esta manera aquellos elementos que deberían verse ocultos dependiendo del punto de vista, pero que en el modelo alámbrico se veían a través de las líneas, ahora permanecen realmente ocultos.

El resultado definitivo es un modelo tridimensional que representa la formay el despiece del intradós de la bóveda y los arcos perimetrales. Un levantamiento tridimensional facilita enormemente el estudio formal y constructivo, y además permite generartodos los planos y perspectivas bidimensionales deseadas (figura 5, 6 y 7). Conviene indicarque hemos considerado pertinente simplificar y obviar parte de la decoración del intradós, fundamentalmente porque no pretendemos analizarlay pensamos que su inclusión añadiría excesivo detalle a los dibujos dificultando la lectura de la información relevante para el presente trabajo.

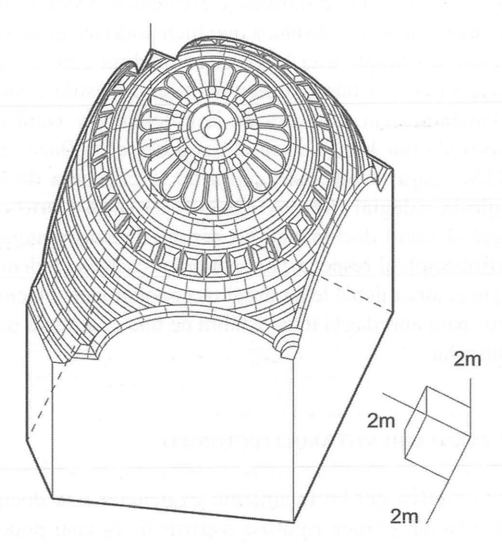


Figura 5
Perspectiva axonométrica (dibujo de los autores 2013)

Configuración formal

Normalmente se entiende por bóveda baída aquella que, teniendo un intradós esférico, cubre una estancia de planta cuadrada, rectangular opoligonal en general. Como puede apreciarse en las secciones verticales de la bóveda, el intradós se ajusta con bastante precisión a una circunferencia(figura 6 y 7). De hecho, si practicamos más cortes verticales a la bóveda, siempre pasando por el centro de la hipotética esfera que define sugeometría, se comprueba quetodas las secciones resultantes se ajustan a la misma circunferencia, que en realidad sería el *círculo mayor* de la mencionada esfera. Podemos afirmar, entonces, que la bóveda tiene intradós esférico.Por otro lado, si nos fijamos en la proyección en planta cenital, observaremosque la bóveda queda delimitada según un pentágono irregular (figura 6). Esta combinación de intradós esférico y planta poligonal da como resultado unabóveda baída.

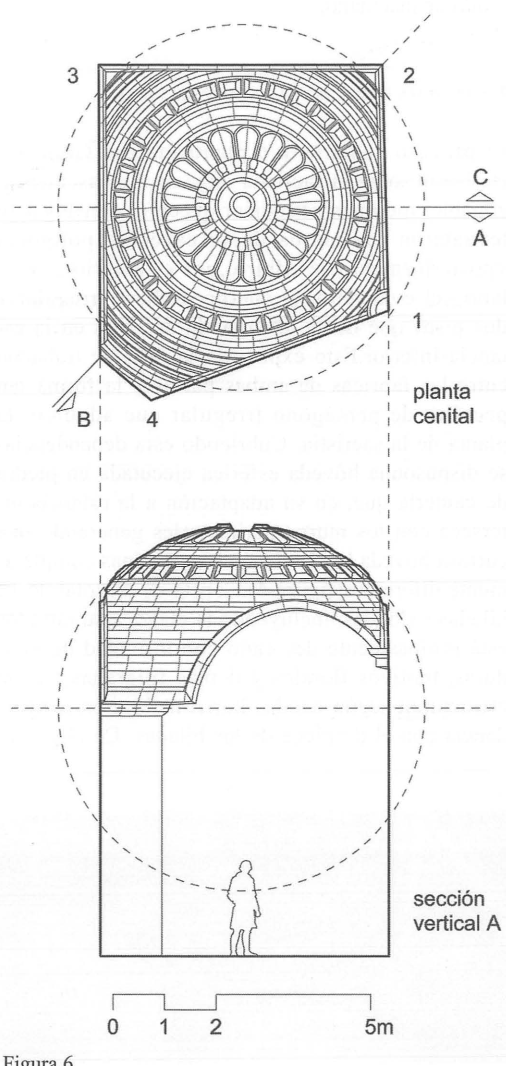


Figura 6
Planta cenital y sección vertical (dibujo de los autores 2013)

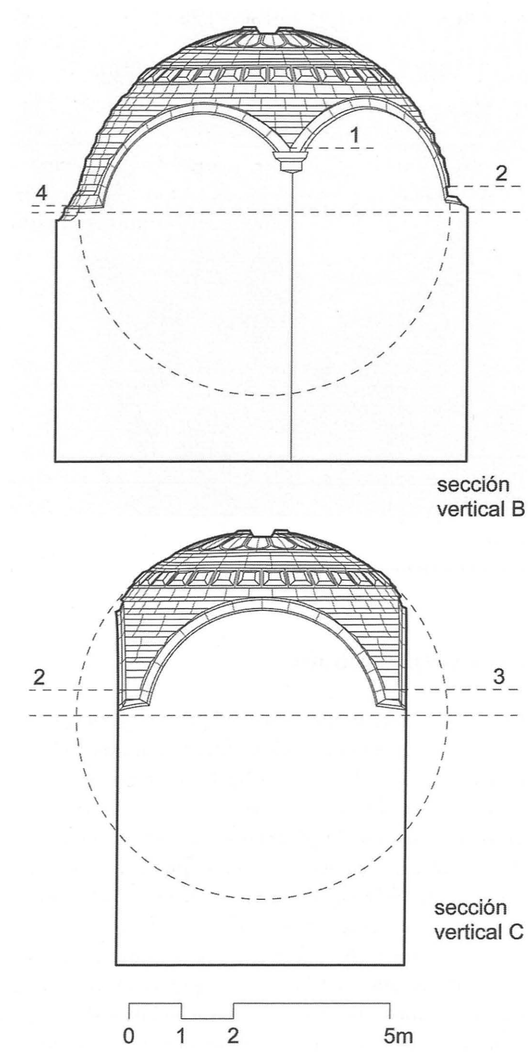


Figura 7
Secciones verticales (dibujo de los autores 2013)

Las pechinas y el casco

Al igual que ocurre en la mayoría de las baídas, y especialmente en las ejecutadas por hiladas redondas, ésta es susceptible de entenderse compuesta por dos partes:las pechinas inferiores y el casco superior. Podemos considerar que la primera hilada del casco sería la de casetones, pues es la primera hilada que da la vuelta completa al intradós sin verse interrumpida por los arcos perimetrales de los muros. Esto sitúa la división entre las pechinas y el casco en la junta inferior de la hilada de casetones, es decir,en la junta entre las hiladas sexta y séptima. Por tanto, y siendo que la bóveda consta de un total de 12 hiladas redondas incluida la clave, las pechinas estarían materializadaspor las seis primeras hiladas y el casco comprendería las seis restantes.

Si trazamos ahora, sobrela planta cenital,el círculo mayor obtenido en las secciones verticales,observaremos dos cuestiones importantes que nos ayudarán a entender cómo se formalizan las pechinas(figura 6). En primer lugar, de los cinco lados del pentágono, que representan los muros de la estancia, sólo cuatro intersecan con el círculomayor, mientras que el quinto, correspondiente al muro más corto, queda en el exterior. Esta situación provoca que la baída tenga cuatro pechinas (numeradas del 1 al 4), en vez de las cinco que se le podrían suponer como consecuencia cubrir una estanciacompuesta por cinco cerramientos. Y en segundo lugar, cuatro de los cinco vértices del pentágono se sitúanen el exterior del círculo mayor, mientras que el quinto está en el interior. Cuando un vértice está en el exterior, la pechina resultante es un trapecio esférico; cuando está en el interior, la pechina es un triángulo esférico.

La combinación de estas variantesda como resultadocuatro pechinas de diferentes formas y dimensiones. La pechina número 1, cuyo vértice está en el interior del círculo máximo, es un triángulo esférico rebajado (figura 8).Las pechinas 2 y 3, que son prácticamente iguales, se configuran como trapecios esféricos pues sus vértices se localizan en el exterior del círculo mayor(figura 9).Y la pechina 4, que se localiza junto al muro más corto de la estancia,se configura como un trapecio esférico cuya base abarca la anchuracompleta dedicho muro(figura 10).Y a todo estose debe añadir, además,que cadapechina tiene una altura de arranque diferente (figura 7).La pechina 4 tiene su base ligeramente elevada respecto del centro de la esfera que define a la baída.Las pechinas2 y3 arrancan una hilada por encima de la 4. Y la número 1es la que empieza a mayor altura.En el caso de las pechinas 2, 3 y 4 pensamos que la altura de arranque, es decir, la cota a la que se disponen sus bases,podría haberse definidocon cierta libertad, cuestión que no plantea más problema que *recortar*inferiormente cada trapecio esférico a la alturaque

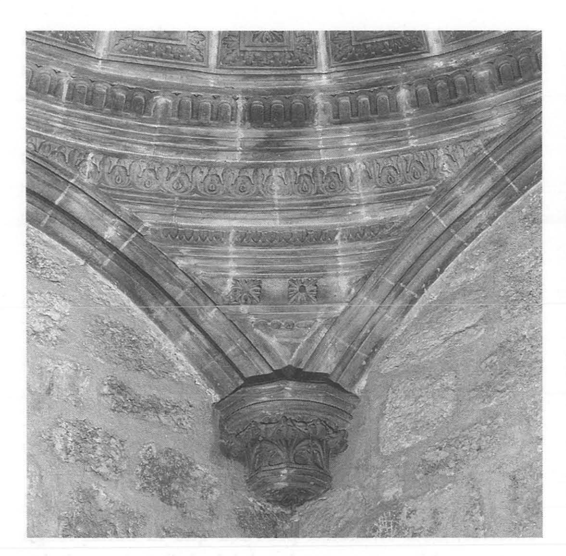


Figura 8
Pechina 1 (foto de los autores 2012)

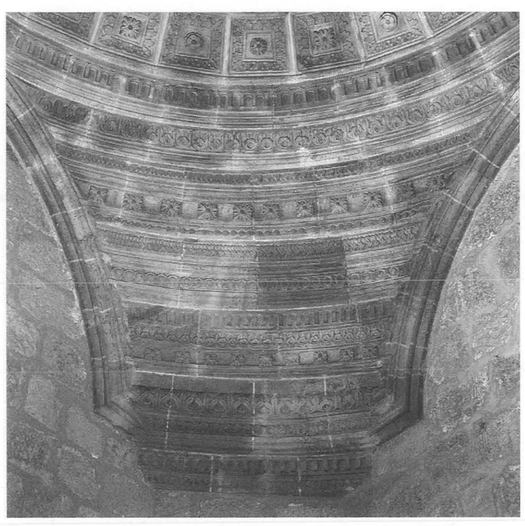


Figura 10
Pechina 4 (foto de los autores 2012)



Figura 9
Pechina 2 (fotode los autores 2012)

interese. No ocurre lo mismo con la pechina 1, cuyo punto de arranque queda definido forzosamente por la intersección del intradós esférico y los dos muros correspondientes.

Los arcos perimetrales

Llegados a este punto surgen varias preguntas sobre cómo se realiza la transición entre los muros de la estancia y la bóveda, pues al hecho de tenercuatro pechinas dediferentes formas, tamaños y alturas de arranque, se suma la peculiar situación de que la baída no cubre todala estancia al completo, cuestión que puede comprobarse fácilmente en la proyección en planta cenital, donde existenrinconesde la planta que sobresalenrespecto del perímetrodel círculo mayor, es decir, esquinas de la sacristíaque la bóveda no alcanza a cubrir (figura 6).Estos problemas de transición se solucionan gracias alingenioso diseño de los arcos perimetrales: en primer lugar,estos arcos posibilitanun encuentro limpio entre el intradós esférico completamente decorado y los muros planos de piedra toscamente labrada;yen segundo lugar, estos arcos, en sus encuentros en las esquinas de la estancia, se transforman en cornisas que a modo de ménsulas permiten el arranque de cada pechina y salvan, en su caso, la distancia entre la base de la pechina y los muros correspondientes, cubriendo, por tanto, el área de estancia que la baída no llega a abarcar.

La pechina 1 arranca desde un pequeño capitel, en funciones de ménsula, sobre el que acometen sus dos arcos. En las pechinas 2 y 3 los arcos quiebran su tra-

zado circular, en su parte más baja, para encontrarse en esquina y generar una especie de cornisa triangular que conecta la base de la pechina con los muros, facilitando su arranque trapecial. Y la pechina 4, que tiene su arranque bastante separado de los muros,especialmente del muro corto, tiene una amplia cornisa-ménsula horizontal que salva la distancia entre su base y el muro corto, y permite el apoyo de la primera hilada.

Sobre el diseño de la planta pentagonal

Como ahora comprobaremos, existen indicios que apuntan a quela sacristía vieja, a pesar detener un pentágono irregular por planta, podría haber sido diseñada para cubrirse con una bóveda de intradós esférico.En la vista en planta cenital puede apreciarse que la junta divisoria entre las pechinas y el casco se proyecta como una circunferencia aproximadamente tangente a cuatro de los cinco muros, siendo el muro corto el único no tangente (figura 6). Esta situación no parece casual, sino más bien el resultado de un diseño conjunto de la planta y la bóveda. De hecho creemos que la idea del tracista era diseñar una estancia que, adaptándose al contorno de la cabecera poligonal, pudiera albergar en su interior una baída de hiladas redondas, donde las pechinas debían absorber las irregularidades de la planta para permitir que el casco arrancara completamente regularizado y tangente a todos los cerramientos de la estancia, a excepción del muro corto.

De los cinco cerramientos queconfiguranla sacristíahay tres que forman parte de la cabecera poligonal,y por tanto,se construyeron con anterioridad:son el muro de la nave del evangelio, el muro del ábside y el contrafuerte adyacente. Los otros dos muros fueron adheridos posteriormente, en forma de L, para delimitar el espacio de la sacristía: uno paralelo al muro de la nave del evangelio y el otro perpendicular (figura 3). Dadas las circunstancias, para diseñar unaplantatal que el casco arranque tangente a los cuatro cerramientos indicados,caben dos opciones: o bien se define la anchura o bien la profundidad.Una vez decidida una dimensión, queda fijada la posición del murocorrespondiente (primer muro de la L), que será paralelo o perpendicular al de la nave del evangelio según se haya definido anchura o profundidad respectivamente. Con este nuevo muro y los otros dos preexistentes (el contrafuerte quedaría excluido) se puede trazar, en planta, la circunferencia tangente. Entonces,el quinto muro (segundo muro de la L), que cierra completamente la sacristía, debe ser ortogonal al primero y tangente a la circunferencia.

Configuración constructiva

Como hemos comentado anteriormente, la bóveda está ejecutada en piedra de cantería mediante 12 hiladashorizontales redondas, incluida la clave.Pero, para poder comprobar que efectivamente son 12, debemos contarlas desde la base de la pechina trapecial 4, que es la que tiene la altura de arranque más baja.Todas las hiladasestán divididas en dovelas, normalmente de longitud variable,como consecuencia de aprovechar al máximo el material pétreo disponible. Sin embargo, existen cuatro hiladasdonde la decoración hacia aconsejable un despiece controlado de las dovelas: la hilada número 7, donde las juntas coinciden con la separación entre los casetones, de manera que cada casetón está labrado en una única dovela;la hilada 9, donde las juntas dividen por la mitad cada uno de los *pétalos* de la flor; la hilada 10, donde la junta está siempre situada entre dos molduras, aunque cada dovela tenga una longitud distinta; y la hilada 11, donde tenemos cuatro dovelas, una por querubín.

Aunque carecemos de información sobre la orientación de los lechos de las hiladas, es de suponer, como suele ser habitual en las bóvedas pétreas de intradós esférico, que sean lechos troncocónicos convergentes al centro de la esfera, o lo que es lo mismo, que las superficies de contacto entre las hiladas sean porciones de conos con sus vérticessituados en el centro de la esfera.Sin embargo, tampoco podemos descartar que las primeras hiladas tengan lechos planos horizontales al modo de las jarjas góticas, disposición constructiva que no sería en absoluto extraña, comohan de puesto de manifiesto varios estudios, y que tendría la ventaja de ahorrar superficie de cimbraje en las primeras hiladas pues cada una apoyaría sobre la anterior por vuelo sucesivo (Rabasa 2000, 162-167; Alonso y López 2002, Alonso 2007; López 2009a; López 2009b; Zaragozá 2010, 199-201; Taín y Natividad 2011).

De hecho,en este caso pensamos que es posible que las pechinas tenganhiladas con lechos planos ho-

rizontales, mientras que el cascose resolvería con hiladas de lechos cónicos (figura 11). Aunque no es más que una hipótesis, no sería la primera baída en la que las pechinas se despiezan de tal forma (Natividad 2012a). Esta configuración constructiva facilitaría en gran medida la ejecución de las pechinas, pues independientemente de su forma, tamaño o altura de arranque, sus trazas se controlarían sin problemas dibujando la proyección en plantade las juntas entre hiladas, que serían arcos circulares concéntricos. Y su labra se realizaría de formaparecidaal método empleado en las dovelas de las jarjas góticas, esto es, marcando las trazascirculares a modo de referenciasen los lechos de la escuadría a labrar y comprobando la talla del intradós conuna cercha. Posteriormente, y superadastodas las irregularidades de la planta gracias a las pechinas, se podría ejecutar el cascomediante hiladas de lechos cónicos.Las dovelas del casco podrían labrarse, quizá,*por robos,*de manera similar a como ocurre enla baída construida en 1525 en la Sacristía de la Catedral de Murcia(Calvo et al. 2013); o bien utilizando las *plantillas de intradós* obtenidas por *desarrollos de conos,* como muestran las trazas para bóvedas esféricas recogidas en los principales manuscritos de cantería del siglo XVI, por ejemplo el de Vandelvira (ca.1585) o el de Guardia (ca.1600). Recordemos que el desarrollo de conos es una hábil estrategia geométrica que permite asemejar la esfera a varios troncos de conos, posibilitando el desarrollo de su superficie para obtener plantillas con las que labrar el intradós esférico de las dovelas (Palacios [1990] 2003, 188-195; Rabasa 1996, 429-431).

Figura 11
Hipótesis sobre la orientación de los lechos de las hiladas (dibujo de los autores 2013)

Como última cuestión cabe indicar que el manuscrito de Alonso de Vandelvira, además de recoger un gran número de trazas para bóvedas baídas, podría cobrar especial importancia,en nuestro caso, si tenemos en cuenta la posible intervención de su padre, Andrés, en la colegiata.Alonso siempre emplea, para lastrazas de baídas por hiladas redondas, independientemente de la geometría de su planta, el mismo procedimiento, como podemos comprobar, por ejemplo, en las trazas para la *capillacuadrada en vuelta redonda*(f.83r), la *capilla perlongada por hiladas redondas*(f.82r), el *triángulo igual por hiladas redondas*(f.87r) o el *triángulo desigual*(f.88r). En todos estos casos las dovelas se labran a partir de sus plantillas de intradós, que se obtienen, básicamente, por desarrollos de conos.Para el casco el procedimiento no difiere en absoluto del aplicado en medias naranjas; en las pechinas, por el contrario,se requieren algunas operaciones adicionales (Palacios [1990] 2003, 254-256; Calvo et al. 2005, 86-91; Rabasa 2007, 50-52;Natividad 2012b). Sin embargo, como ya hemos indicado anteriormente, en el caso que nos ocupa creemos que las pechinas podrían tener lechos planos, de manera que el procedimiento expuesto por Vandelvira, para la construcción renacentista de las pechinas, no tendría cabida.

CONCLUSIONES

Aunque el vacío documentalno permita precisar la autoría y la fecha de construcción de la bóveda que cubre la sacristía vieja de la colegiata de Huéscar, parece probable que ésta se ejecutara durante la primera mitad del siglo XVI. Dada la vinculación eclesiástica de la ciudadconla Diócesis de Toledo, algunas hipótesis apuntan a su maestro mayor desde 1534, Alonso de Covarrubias, como autor de la misma.En cualquier caso, es evidente que elautor debía tener amplios conocimientos técnicospara enfrentarse a un problema particularmente complejo: cubriruna planta pentagonal irregular con una esfera de piedra.El levantamiento y posterior estudio ha

demostrado que se trata de una baída cuidadosamente diseñada y construida, como puede apreciarse en lo ajustado de su geometría esférica, en sus cuatro pechinas de diferentes formas, tamaños y alturas de arranque, o enla resolución de sus arcos perimetrales, que permiten el encuentro entre la bóveda y los muros de la estancia y posibilitan el adecuado arranque de las pechinas. Y el diseño no se limita únicamente a la cubrición, sino que se extiende también a toda la sacristía, cuya planta,a primera vista de geometría aleatoria, en realidad fue ideada para cubrirse con una baída tal que las pechinas absorbieran todas las irregularidades y el casco arrancara tangente a los cerramientos.

El despiece se realiza mediante 12 hiladas redondas, donde las seis primeras corresponden a las pechinas y las seis restantes al casco. Aunque no tenemos datos sobre la orientación de los lechos, creemos que es posible que se combinen dos tipos: lechos planos horizontales para las hiladas de las pechinas y lechos cónicos convergentes para las hiladas del casco. Esta estrategia constructiva, probablemente heredada de la construcción gótica, permitiría reducir superficie de cimbraje en las primeras hiladas, que apoyarían por vuelo sucesivo, y facilitaríaen gran medida el control formal y la ejecución de las complejas pechinas. Las dovelas de las pechinas se labrarían al modo de la jarjas góticas, mientras que las del casco podrían ejecutarse por robos o empleando las plantillas de intradós obtenidas por desarrollos de conos.Podemos concluir, por tanto, que la bóveda baída de Huéscar es un caso singular, formal y constructivamente, pues al hecho de presentar unaforma claramente renacentista,sobre una inusual planta pentagonal irregular, se sumaría una configuración constructiva a caballo entre el Gótico y el Renacimiento.

NOTAS

1. Este trabajo se inscribe en el proyecto de investigación «Construcción en piedra de cantería en los ámbitos mediterráneo y atlántico (2)» (BIA2009-14350-C02-02) del Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Economía y Competitividad.
2. Los autores agradecen al párroco de la Colegiata de Santa María de la Encarnación de Huéscar, D. Juan José Toral Fernández, las facilidades dadas para realizar el levantamiento de la bóveda de la sacristía vieja. Y al Archivo Histórico Municipal del Ayuntamiento de Huéscarsu ayuda al proporcionarnos planos sobre el edificio.

LISTA DE REFERENCIAS

Alonso Rodríguez, M. Ángel y Ana López Mozo. 2002. «Levantamiento de la cúpula de la iglesia del Monasterio de San Lorenzo del Escorial». *Actas del IX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 327-332. A Coruña: Universidad de A Coruña.

Alonso Rodríguez, M. Ángel. 2007. «Sobre la cúpula trasdosada de la iglesia de Cobos en Segovia». *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 23-28. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Camón Aznar, José. 1945. *La arquitectura plateresca*. Madrid: CSIC, Instituto Diego Velázquez.

Calvo López, José et al. 2005. *Cantería renacentista en la catedral de Murcia*. Murcia: Colegio Oficial de Arquitectos.

Calvo López, José et al. 2013. «The tracing for the sail vault at the Murcia cathedral vestry: surveying a16th-century full-scale working drawing». *International Journal of Architectural Heritage: conservation, analysis, and restoration,* 7(3): 275-302.

Chueca Goitia, Fernando. 1953. «Arquitectura del siglo XVI». *Ars hispaniae, Historia Universal del Arte Hispánico*, vol.11. Madrid: Plus-Ultra.

Gómez-Moreno Calera, José Manuel. 1989. *Arquitectura religiosa granadina en la crisis del Renacimiento (1560-1650): Diócesis de Granada y Guadix-Baza*. Granada: Universidad de Granada.

González Barberán, Vicente. 1972. *Memoria histórica y técnica sobre la Colegiata de la Encarnación de Huéscar (Granada) hoy templo parroquial de Santa María La Mayor. Expediente para la declaración de Monumento Nacional*. Granada.

Guardia, Alonso de.Ca. 1600.*Manuscrito de arquitectura y cantería*. Biblioteca Nacional de España, ER/4196. Anotaciones sobre una copia de Giovanni Battista Pittoni, 1568,*Imprese di diuersi prencipi, duchi, signori, e d'altri personaggi et huomini letterati et illustri*. Venecia.

López Mozo, Ana. 2009a. «La construcción de bóvedas en piedra: El Escorial». *El Arte de la Piedra. Teoría y Práctica de la Cantería*, 205-231. Madrid: CEU Ediciones.

López Mozo, Ana. 2009b. «La cúpula de El Escorial: geometría, estereotomía y estabilidad». *Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la construcción*, 763-776. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Marías Franco, Fernando. 1983-1986. *La arquitectura del Renacimiento en Toledo (1541-1631)*. Toledo: Instituto Provincial de Investigaciones y Estudios Toledanos.

Natividad Vivó, Pau. 2012a. «La bóveda en la cárcel de comerciantes de la Lonja de Valencia». *P+C Proyecto y ciudad*, 3: 71-86.

Natividad Vivó, Pau. 2012b. «Las pechinas de las bóvedas baídas en el manuscrito de Alonso de Vandelvira».*Actas del XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Edificación*, 321-328. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Palacios Gonzalo, José Carlos.[1990] 2003. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*. Madrid: Munilla-Lería. Ed.1ª del Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Ministerio de Cultura.

Rabasa Díaz, Enrique. 1996. «Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI». *Actas del I Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 423-433. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Ediciones Akal.

Taín Guzmán, Miguel y Pau Natividad Vivó. 2011. «La montea para las bóvedas de horno de Santa Columba de Carnota». *Actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 1389-1399. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Vandelvira, Alonso de.ca. 1580. *Libro de traças de cortes de piedras*. Biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. Ed. facsímil con transcripción y prólogo: Geneviève Barbé-Coquelin de Lisle. 1977.*Tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira*. Albacete: Caja Provincial de Ahorros.

Zaragozá Catalán, Arturo. 2010. «Cuando la arista gobierna el aparejo: bóvedas aristadas». *Arquitectura en construcción en Europa en época medieval y moderna*, 177-214. Valencia: Publicaciones de la Universidad de Valencia.

El colapso de la cúpula de la iglesia de las Escuelas Pías de Gandía

David Miguel Navarro Catalán

En el año 1634 tiene lugar el colapso de la cúpula en construcción de la iglesia de las Escuelas Pías de Gandía, antigua universidad de la Compañía de Jesús. La comunicación plantea como objetivo principal extraer las consecuencias del derrumbe contando con la información recogida en el aparato de correspondencia de la orden (cartas *annuas* e informes de las visitas de los provinciales) y el plano de principios del s. XVII del antiguo colegio jesuita de Gandía publicado en 1955 por el padre Guillermo Furlongdonde apreciamos divergencias entre la traza de la iglesia representada en el plano y la planta finalmente adoptada. Se plantea como objetivo adicional detectar si el incidente pudo afectar al desarrollo de otras fábricas de la orden jesuita, influyendo en la decisión de desmontar las linternas ejecutadas en los cimborrios laterales del templo de la Casa Profesa de Valencia o en la adopción de una planta uninave sin crucero en el inicio de las obras de la iglesia del Colegio de Segorbe. El análisis del citado plano y de la documentación existente nos permitirá concluir que el derrumbe hizo modificar el plan original de cúpula poligonal con tambor similar a la ejecutada recientemente en la iglesia de la Casa Profesa, siendo reemplazada por una estructura más sencilla sin tambor lo que sin embargo no evitará problemas estructurales a lo largo de la historia del edificio.

La iglesia de las Escuelas Pías, antigua universidad de la Compañía de Jesús

La iglesia de las Escuelas Pías constituye el único elemento conservado de la antigua universidad fundada por los jesuitas en el año 1548 (Diago [1613] 1946, 1: 21). El conjunto, tras la expulsión de la Compañía del año 1767, pasó a manos de los padres escolapios quienes emprendieron un ambicioso plan de reformas que supuso en la práctica la desaparición del antiguo edificio duramente transformado a principios del s. XIX.

Se trataba de la segunda fundación establecida por los jesuitas en el Reino de Valencia tras el Colegio de San Pablo de la ciudad de Valencia, convertida además al poco tiempo en la primera universidad o *estudi general* fundado por la Compañía en las provincias españolas. El proceso de construcción se inicia a mediados del s. XVI tras la compra de un conjunto de solares llevada a cabo por el Duque de Gandía Francisco de Borja (futuro general de la Compañía de Jesús)emplazadosfuera del recinto amurallado de la ciudad. En estos terrenos se encontraba la pequeña ermita de San Sebastián, integrada en el edificio como templo provisional durante décadas (Martínez y López 1990, 200). A finales de siglo se plantea la construcción de una iglesia de mayor tamaño, aunque el comienzo de la construcción de un nuevo cuerpo de residencia o *cuarto nuevo* retrasará unos años el inicio de las obras.

La construcción de la nueva iglesia y el derrumbe de 1635

En 1605 tiene lugar la colocación de la primera piedra de la iglesiadando inicio a unos trabajos que se

desarrollarán de manera intermitente con constantes interrupciones. Sabemos que en el año de inicio se había ejecutado la cimentación, quedando las obras detenidas al poco tiempo hasta su reanudación en el año 1617. La fábrica se desarrollará sin más retrasos, cerrando las bóvedas de la nave en el año 1629 y trabajando en la construcción del crucero a partir de 1634. Sin embargo, al año siguiente tiene lugar el derrumbe de las pechinas o *carcañoles* de la cúpulaen construcción debido a un vicio de ejecución, ya que la *carta annua*del mismo año relata que estaban *mal trabados* por defecto de los oficiales o maestros al cargo de la obra lo que probablemente debió motivar su relevo, punto que no hemos podido confirmar. El incidente no interrumpirá la construcción del crucero que será finalmente acabado en el año 1636, trabajando en años sucesivos en el alzado interior y revoco del templo (Serra 1999, 68). Se debe tener en cuenta que en la iglesia de Gandía el derrumbe acontece con las obras muy avanzadas habiendo ya ejecutado los cuatro pies derechos y los arcos torales por lo que carecía de sentido renunciar a construir la cúpula que cerraba el crucero (figura 1).

Este contratiempo debió replantear la decisión de levantar un tambor cupulado similar al que se acababa de ejecutar en la iglesia de la Casa Profesa de Valencia (Gómez-Ferrer1993, 63-64)y, por el contrario, adoptar una solución más conservadora de cúpula octogonal sin tambor. La cabecera, en la que se había previsto un perfil poligonal similar al presbiterio de la iglesia de la Casa Profesa, será finalmente construida prescindiendo del tramo de nave y capillas previo a la cabecera y adoptandoun testero plano. Existe un documento, convertido en principal testimonio, que nos permite sospechar la existencia de un cambio de planteamiento posterior al incidente. Se trata de una antigua planta del Colegio de Gandía perteneciente a un conjunto de planos de fundaciones jesuitas españolas publicados por el padre jesuita Guillermo Furlong en el año 1959 en la revista *Archivum Historicum Societatis Iesu*(Furlong 1959, 205-208)a la que se ha hecho referencia en investigaciones recientes destacando precisamente la falta de coincidencia entre el trazado adoptado en la iglesia y el diseño, ya que en el plano aparece representada una iglesia con cabecera poligonal y crucero en el que podemos apreciar perfectamente un tambor seccionado con ocho vanos adintelados (Gómez-Ferrer2012, 383-384).

Nosotros creemosque efectivamente esta era la traza prevista para la iglesia y que los planes de construcción fueron modificados a consecuencia del colapso. La descripción que se hace del futuro templo en el año 1605 parece confirmar esta hipótesis ya que se hace referencia a un *cimborrio,* término que debe identificarse con untambor cupulado poligonal semejante al reflejado en los diseños[1]. El plano confirma las semejanzas que debían existir entre el proyectado domo y la cúpula construida en la iglesia de la Casa Profesa, pudiendo apreciar el perfil octogonal del exterior de un tambor probablemente articulado con semicolumnas cuya proyección en forma de pilastras puede distinguirse en los resaltes semicirculares del interior (figura 2). Desconocemos por otra parte si

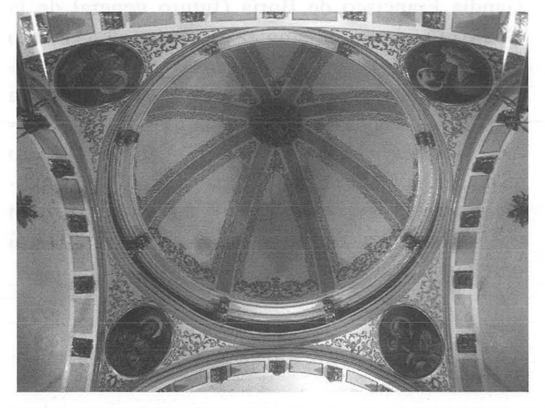


Figura 1
Iglesia de las Escuelas Pías de Gandía. Detalle del crucero (foto del autor)

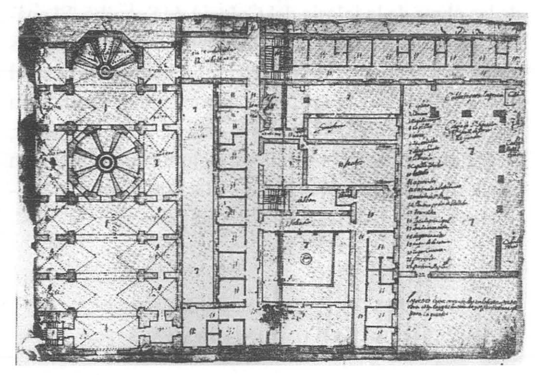


Figura 2
Plano del Colegio de Gandía (Furlong 1959)

estaba prevista la construcción de una linterna semejante a la que coronaba la cúpula de la iglesia de la Casa Profesa de Valencia.

Sin duda alguna, este derrumbe fue el inconveniente más grave acontecido en la construcción de la iglesia de Gandía. Desafortunadamente no fue el único, ya que las deficiencias constructivas continúan manifestándose durante décadas. A mediados del s. XVII aparecen*roturas* en la cúpula, solventadas posteriormente como afirma una visita pastoral del año 1695. Por otra parte, a finales del s. XVIII tenemos constancia de la existencia de daños por filtraciones en crucero y cabecera[2].

Uno de las incógnitas más interesantes que plantea este incidente es si su relevancia pudo afectar al desarrollo de las fábricas de otras fundaciones jesuitas valencianas. Los datos de los que disponemos parecen apuntar en esta dirección pudiendo afirmar que existe un temor generalizado en las primeras décadas del s. XVII a que se repita un incidente de este tipo. La repercusión del colapso de Gandía quedará sin embargo limitada al ámbito de los colegios valencianos, ya que en otras fundaciones de la provincia jesuita de Aragón como Calatayud o Tarazona se inicia la construcción de iglesias con crucero ya a principios de siglo. (Ibáñez y Criado 2012, 406-412)

La iglesia de la Casa Profesa de Valencia

La repercusión más inmediata del colapso afecta a una iglesia ya construida, la iglesia de la Casa Profesa de Valencia o *de la Compañía*, templo de la segunda sede fundada por los jesuitas en la ciudad de Valencia en el año 1579. Tras la fundación los padres se alojan en dependencias provisionales que incluían un pequeño templo de carácter eventual(Diago [1613] 1946, 2: 39). La nueva iglesia, terminada en el año 1631, será construida en dos fases claramente diferenciadas. La ejecución de la nave y capillas se lleva a cabo entre 1595 y 1599 (Pingarrón 1992, 125-127), quedando las obras detenidas durante más de dos décadas hasta que en el año 1621 se contrata la ejecución de crucero y cabecera (Gómez-Ferrer 1993, 59-60).

El crucero de esta iglesia estaba cubierto por una cúpula con tambor poligonal a la que nos hemos referido anteriormente, mientras que los brazos del crucero estaban cerrados por bóvedas ochavadas cuyos nervios confluían en sendas linternas. Precisamente, estos elementos han planteado interrogantes sobre la construcción de la iglesia hasta ahora sin resolver. En las cláusulas del contrato firmado con el maestro Francesc Arboreda para la construcción de crucero y cabecera se hace referencia a dichas linternas[3], que fueron efectivamente ejecutadas ya que son mencionadas en la visita del provincial del año 1636 (Gómez-Ferrer 2012, 373-374). Sin embargo, en el plano de Tosca de 1707 no se aprecian ni tampoco en la planta del conjunto publicada por Furlongen 1959 (figura 3), lo que nos hacía suponer que en algún momento desaparecen. La *Historia de la Casa Profesa* nos confirma que efectivamente fueron «desmontadas por ser dañosas a la obra», probablemente a causa de filtraciones como las que venía padeciendo la cúpula de la iglesia de Gandía[4]. Ahora bien, creemos que el derrumbe del templo gandiense pudo favorecer la decisión de desmontar las linternas en vez de optar por una solución más conservadora.

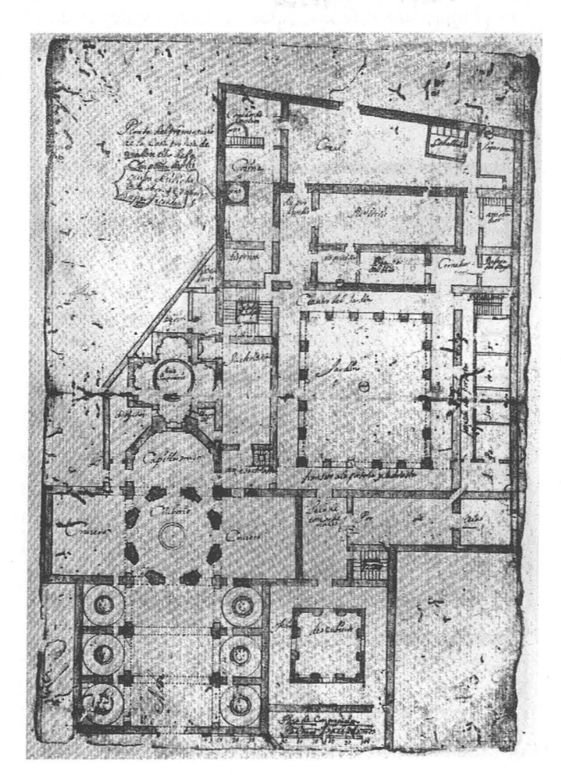


Figura 3
Planode la Casa Profesa de Valencia (Furlong 1959)

La construcción de la iglesia del Colegio de Segorbe

Por otra parte, creemos también que el colapso de la cúpula de Gandía influye en el desarrollo de la construcción de la iglesia del Colegio de Segorbe, fundación que se había establecido en el año 1635 (Llorens 1973, 1: 350). La fábrica de la iglesia, iniciada con la colocación de la primera piedra en el año 1653 (Aguilar [1890] 1999, 2: 442), se desarrolla con rapidez lo que permite llevar a cabo la bendición del templo el día de San Juan Bautista de 1664[4]. Hasta hace poco tiempo se creía que en esta fechahabía finalizado la construcción de la iglesia incluyendo la presencia del tambor cupulado existente en la actualidad. Sin embargo, en este momento se había ejecutadoúnicamente un templo con planta uninave sin crucero, testero plano y capillas comunicantes. No se trataba en ningún caso de una primera fase constructiva sino que creemos que desde inicio se plantea este trazado como el definitivo. La existencia de dos etapas en la construcción claramente diferenciadas se hace evidente en el exterior donde puede apreciarse una junta entre ambas fases sin solución de continuidad, acusando la falta de trabazón entre nave y crucero a la vez que un despiece diferente de la cantería.En todo caso, llama la atención la adopción de esta sencilla planta sin cruceroen el inicio de las obras, por lo que creemos que el derrumbe de Gandía pudo afectar a esta decisióndescartando de inicio la construcción de una iglesia más notable espacialmente y estructuralmente más compleja. Sin duda, se disponía de recursos suficientes ya que se trataba de una fundación dotada desde un principio con 2000 libras anuales de renta por el testamento de Don Pedro Miralles, patrono del nuevo colegio[5].

En el año 1698 se plantea por primera vez ampliar la iglesia. Lejos en el tiempo quedaba ya el incidente de Gandía y además el mal estado estructural de la capilla mayor aconsejaba su derribo, circunstancia sin duda aprovechada para decidir «que a nuestra iglesia se le haga crucero». La problemática del presbiterio se había convertido en mal endémico del edificio, señalada constantemente por los informes de las visitas de los provinciales como el principal inconveniente del colegio, llegando a recomendar el padre Matías Borrull su derribo ya en el año 1687. La problemática continuaba sin resolverse aún en el año 1694, momento en que los padres deciden ampliar la iglesia planteando la construcción de una nueva cabecera rectangular y un crucero cubierto por cúpula sobre tambor octogonal (figura 4).Esta nueva fase constructiva dará comienzo finalmente en el año 1698, adquiriendo el templo durante esta etapa su configuración definitiva. Las obras se prolongarán durante unos treinta años, ya que en 1729 han concluido los trabajos incluyendo la ejecución de las tribunas de la cabecera y brazos del transepto[6].La cúpula finalmente construida presentaba el mismo perfil poligonal en el exterior y circular en el interior que el domo de la desaparecida iglesia de la Casa Profesa, con tambor articulado enla iglesia de Segorbe por severas pilastras toscanas, prescindiendo además de linterna, elemento que había planteado problemas anteriormente en las cúpulas laterales de la iglesia de la Compañía.

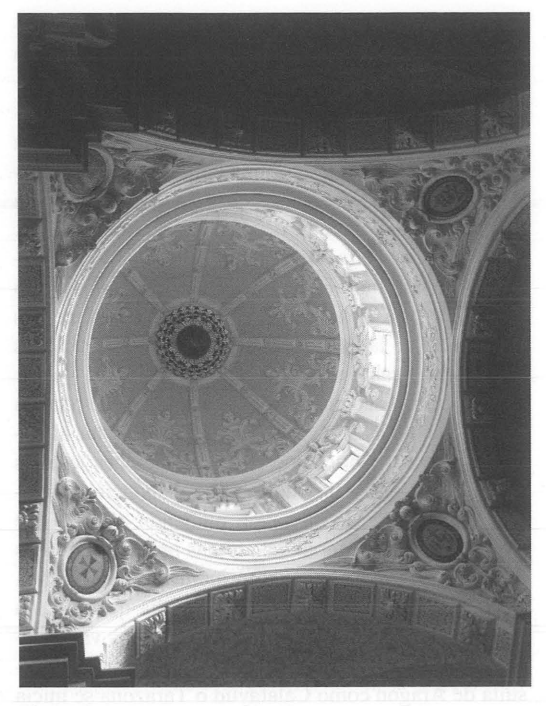


Figura 4
Iglesia del Colegio de Segorbe. Crucero (foto del autor)

La nueva iglesia del Colegio de Alicante

Si la ampliación de la iglesia de Segorbe parece demostrar que el temor a posibles derrumbes está defi-

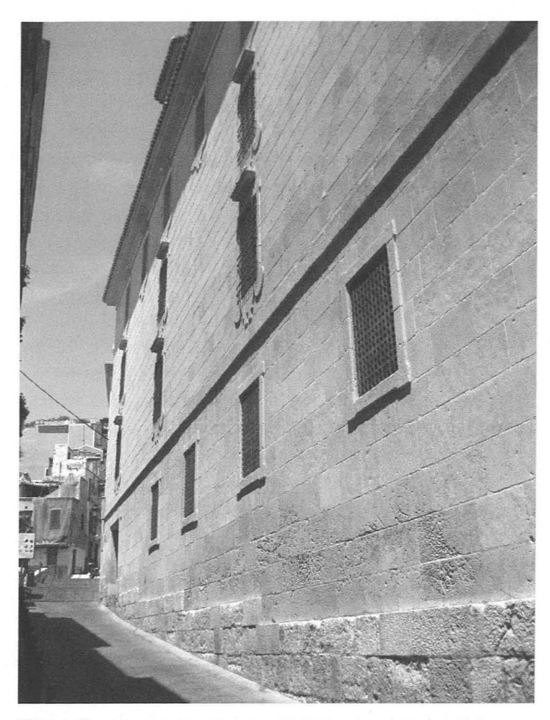


Figura 5
Colegio de Alicante. Exterior (foto del autor)

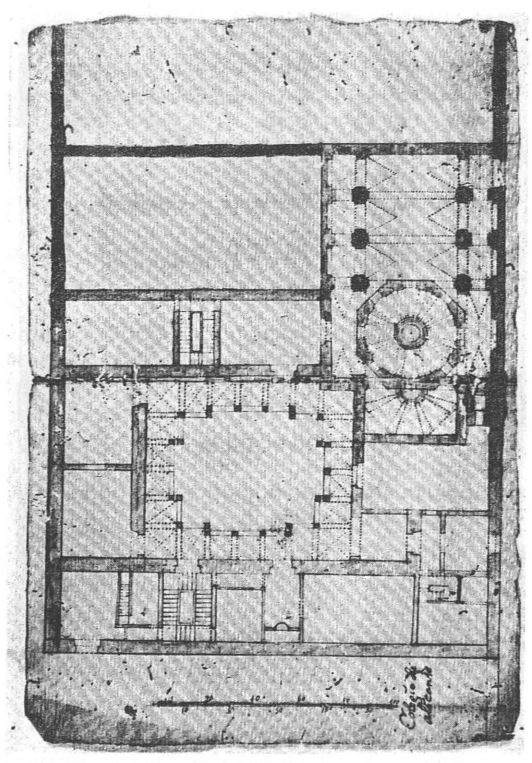


Figura 6
Planodel Colegio de Alicante (Furlong 1959)

nitivamente superado a principios del s. XVIII, el trazado previsto en la nueva iglesia del Colegio de la Compañía de Jesús de Alicanteno hace sino confirmar estas suposiciones. Este templo, que quedó sin construir a causa de la expulsión de los regulares de la Compañía de 1767, formaba parte del ambicioso proyecto de un nuevo edificio planteado a principios del s. XVIII (figura 5). Este colegio se había fundado a la vez que el de Segorbe en 1635, albergando a la comunidad durante décadas en dependencias provisionales incluyendo una primera iglesia construida en el año 1670. (Viravens[1876] 1989, 252-253). Dejando a un lado los pequeños trabajos realizados con anterioridad, podemos considerar que el grueso de las obras del Colegio de Alicante da comienzo en el año 1725[7]. En esta fecha la construcción del crucero cupulado de la iglesia del Colegiode Segorbe debía estar muy avanzada (sabemos con certeza que en 1729 se ha finalizado el templo) por lo que todo parece indicar que el tracista del futuro templo de Alicante era consciente de que la ejecución de la cúpula de Segorbe se había desarrollado sin problemas.

El padre Guillermo Furlong, en el artículo antes mencionado, incluyetambién una planta que debe corresponder al proyecto del nuevo edificio del Colegio de Alicante(Furlong 1959, 205-208). En el documento se representa una iglesia uninave con capillas comunicantes, testero plano y crucero cerrado por un tambor cupulado octogonal similar al que en ese momento se estaba acabando de ejecutar en la iglesia del Colegio de Segorbe[8]. El trazado, por otra parte, es curiosamente muy similar tanto en proporciones y número de tramos a la iglesia finalmente construida en Gandía después de la modificación del plan de construcción inicial (figura 6).

Notas

1. El texto de la *carta annua* del año 1605 incluye una descripción de la futura iglesia al relatar que «acabada esta obra tendrá este Colegio una muy hermosa, curiosa

y capaz iglesia con crucero y cimborrio», término este último que debe identificarse con un tambor cupulado poligonal. Las *cartas annuas* eran informes de carácter anual en los que se detallaban todos los hechos relevantes acaecidos en la fundación en el transcurso de un año. Este documento se encuentra depositado en los fondos del Arxiu Històric de la Companyia de Jesús de Catalunya, Secció Obres, Serie Col.legi, signatura ACOB 10.

2. El memorial de la visita pastoral del año 1695 informa que«la iglesia está ya reparada». El texto de este informe se encuentra incluido en el *Libro de las visitas del Colegio de Gandia* depositado en los fondos del Archivo del Reino de Valencia, Clero, Libro 3139, fol. 1v. El texto de la visita de 1723 informa que «la cúpula o media naranja de la iglesia, según lo que en la parte interior representa, padece por la lluvia y así cuanto antes se dé providencia para que se evite el daño que insensiblemente puede causar el agua». Los problemas continúan diez años después, como muestra el memorial de la visita de 1735 donde el padre visitadorrelata que «el remate, o definición de la media naranja de la iglesia, por estar muy penetrada de las lluvias está sumamente peligrosa, y necesita de muy pronto reparo; como también los tejados que corresponden al Altar Mayor».Los informes de las visitas pastorales de 1723 y 1735 del colegio de Gandía se encuentran depositados en los fondos del Arxiu Históric de la Companyia de Jesús de Catalunya, Secció Obres, Sèrie Col.legi, signatura ACOB 11.
3. En las capitulaciones firmadas con el maestro Francesc Arboreda para la construcción de crucero y cabecera estaba prevista la cubrición de estas capillas colateralesde planta cuadrada con modernas*voltes de punt fornerí*con linterna, expresión que describe con toda probabilidad la utilización de novedosas bóvedas vaídas. Sin embargo, sabemos que las capillas fueron cubiertas adoptandopatrones más arcaicos, volteando bóvedas ochavadascon nervaturas y plementos curvos incluyendo un óculo con linterna en la clave, según relata la *Historia de la Casa Profesa*redactada por los padres jesuitas Bosquete, Berlanga y Pascual que describe como cada una de estas bóvedas «se dobla recebida sobre ocho arcos medios; los quatro nacen de los quatro ángulos; y arrancan de la corniza, cargando sobre las pilastras angulares; los otros quatro arrancan sobre las coronas de los arcos torales, y formecinos, y fenecen en la linterna». Este manuscrito, encuadernado en tres tomos, puede consultarse en el Archivo de la Casa Profesa de la Compañía de Jesús de Valencia.
4. La iglesia se bendice el año 1664, como confirma el texto de la *carta annua* del mismo año al relatar que «acabose el cuerpo de la iglesia con tal perfección que nadie juzgue necesite de más arquitectura, y que bendijose la iglesia día de San Juan Bautista con asistencia de innumerablemente de todos estamentos». Esta carta se encuentra en los fondos del Arxiu Històric de la Companyia de Jesús de Catalunya, Secció Obres, Sèrie Col.legi, signatura ACOB 76.
5. La dotación económica para la construcción de un nuevo edificio aparece reflejada en el testamento de don Pedro Miralles, fundador del colegio de San Pedro de Segorbe, donde se adjudica una renta de mil libras destinadas a la «fábrica de dicha iglesia, casa, y habitación de los dichos Religiosos». Este documento se encuentra depositado en los fondos del Archivo del Reino de Valencia, Sección Clero, Legajo 83, caja 183, fol. 16.
6. Podemos acotar temporalmente el proceso constructivo gracias a la descripción del estado de las obras realizado en las visitas pastorales de los años 1698 y el año 1729 respectivamente cuyos informes se encuentran depositados en los fondos del Arxiu Històric de la Companyia de Jesús de Catalunya, Secció Obres, Sèrie Col.legi, signatura ACOB 76.
7. Así lo muestran los pagos reflejados en el *Libro del Recibo y Gasto del Colegio de Alicante desde Octubre del año 1706,* que podemos consultaren los fondos del Archivo Municipal de Alicante, Armario 5, Libro 86.
8. El diseño de la iglesia representado en la *planta del colegio de Alicante* presenta una cúpula octogonal con intradós nervado, linterna y tambor circular con interior articulado por pilastras. Este modelo es muy semejante a la cúpula proyectada en Gandía o a la que se había ejecutado en la iglesia de la Casa Profesa de Valencia. De hecho, las tres cúpulas aparecen representadas con un grafismo muy similar en sus tres respectivos planos.

LISTA DE REFERENCIAS

Aguilar, Francisco[1890] 1999. *Noticias de Segorbe y su Obispado*. Segorbe: Imprenta de F. Romaní y Suay. Facs. ed. Segorbe: Bancaja.

Diago, Francisco [1613] 1946. *Apuntamientos recogidos por el P. M. Fr. Francisco Diago, O.P. para continuar los Anales del reyno de Valencia desde el Rey Pedro III hasta Felipe II.* Valencia: Pedro Patricio Mey. Facs. ed. Valencia: Imprenta hijo de Fray Vives Mora.

Furlong, Guillermo. 1959. «Algunos planos de Iglesias y Colegios de la Compañía de Jesús en España». *Archivum Historicum Societatis Iesu*, 28: 205-208.

Gómez-Ferrer, Mercedes. 1993. «La iglesia de la Compañía de Jesús en Valencia. El contrato para la finalización de su cabecera en 1621». *Archivo de Arte Valenciano,*74: 56-68.

Gómez-Ferrer, Mercedes. 1998. *Arquitectura en la Valencia del siglo XVI. El Hospital General y sus artífices*. Valencia: Albatros.

Gómez-Ferrer, Mercedes. 2012. «La arquitectura jesuítica en Valencia. Estado de la cuestión». *La arquitectura jesuítica. Actas del Simposio Internacional*, 355-392. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.

Ibáñez, Javier y Criado, Jesús. 2012. «La arquitectura jesuítica en Aragón. Estado de la cuestión». *La arquitectura jesuítica. Actas del Simposio Internacional*, 393-472. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.

Llorens, Pelegrín Luis. 1973. *Episcopologio de la diócesis de Segorbe-Castellón*. Madrid: C.S.I.C.

Martínez, Juan y López, Ramón. 1990. «Los colegios jesuíticos valencianos: datos para su historia». *Estudis: Revista de historia moderna*, 16:193-215.

Pingarrón, Fernando. 1992. «Dos plantas setecentistas de la Casa Profesa de la Compañía de Jesús en Valencia». *Ars Longa*, 3: 125-140.

Serra, Amadeo. 1999. «Casa, Esglèsia i Patis: La construcció de la seu de la Universitat de Gandia (1549-1767)». *Gandia 450 Anys de Tradició Universitària*, Libro del catálogo de la exposición, 51-77. Gandia: Ajuntament de Gandia.

Viravens, Rafael. [1876] 1989. *Crónica de la muy ilustre y siempre fiel ciudad de Alicante*. Alicante: Imprenta de Carratalá y Gadea. Facs. ed. Alicante: Ayuntamiento de Alicante.

La primera etapa de la construcción del ferrocarril metropolitano de Madrid (1917-1944)

Susana Olivares Abengozar

El 17 de junio de 1917 comenzaron las obras del primer tramo de la línea 1. En el plazo de dos años y tres meses, momento en el cual vencía la fecha prometida para su inauguración, la Compañía Metropolitano Alfonso XIII inaugura los primeros 3.598 metros de la red de Metro. Con un total de ocho estaciones se conectan entre sí la barriada obrera de los Cuatro Caminos con el centro de la población en la Puerta del Sol a través de esta primera línea Norte - Sur. En 1944, con la inauguración de la línea 4, Línea de los Bulevares, se cierra esta primera etapa del ferrocarril subterráneo de Madrid con un total de 26 km de túneles y 42 estaciones.

Esta comunicación se realiza en el marco de las investigaciones que estoy llevando a cabo para mi tesis doctoral, incluida en el Programa de Doctorado en Conservación y Restauración del Patrimonio Arquitectónico de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid y en la cual se analiza el proceso constructivo del primer tramo desarrollado, Sol-Cuatro Caminos, así como la evolución de dicho sistema durante la ejecución de las cuatro primeras líneas, pertenecientes al proyecto original que obtuvo la concesión, ya que algunas de sus características se fueron modificando, adaptándose a criterios de funcionalidad y mejora técnica.

Características de la red

Todo este nuevo sistema ferroviario subterráneo se proyecta con doble vía del mismo ancho que la de los tranvías de Madrid: 1,445 m., con pendientes máximas del 4% y radio mínimo de curvatura de 90m. La longitud de las estaciones es de 60 m. (donde se da cabida a trenes compuestos por cinco coches) y la distancia media entre ellas es de 500 m. A estos desarrollos longitudinales hay que añadir, en las estaciones de término, la prolongación del túnel 100 m. más para permitir el retroceso de los trenes.

Se diseñan coches de 2,40 m. de ancho y 12 m. de largo (su capacidad es de 400 viajeros), movidos mediante toma de corriente eléctrica por pantógrafo e hilo aéreo. El ancho tipo de andenes es de 3 m. si bien se llega a los 4 m. en las estaciones de mayor importancia (figura 1). La sección de la bóveda es la de un arco elíptico de catorce metros de luz exterior, que cubre la doble vía central y los dos andenes laterales. (Otamendi 1918)

El primer tramo: Sol - Cuatro Caminos

Inaugurado el 17 de octubre de 1919 este primer desarrollo de la línea 1, presenta en su trazado dos tramos claramente diferenciados por las distintas soluciones técnicas que requirieron en su construcción. En uno y otro se emplearon sistemas constructivos diferentes debido a la distinta profundidad a la que se tuvieron que ejecutar.

Tramo Sol - Glorieta de Bilbao. Método belga

El tramo que va de Sol hasta la Glorieta de Bilbao discurre por las calles de la Montera y Fuencarral y afecta a tres estaciones: Sol, Red de San Luis y Hos-

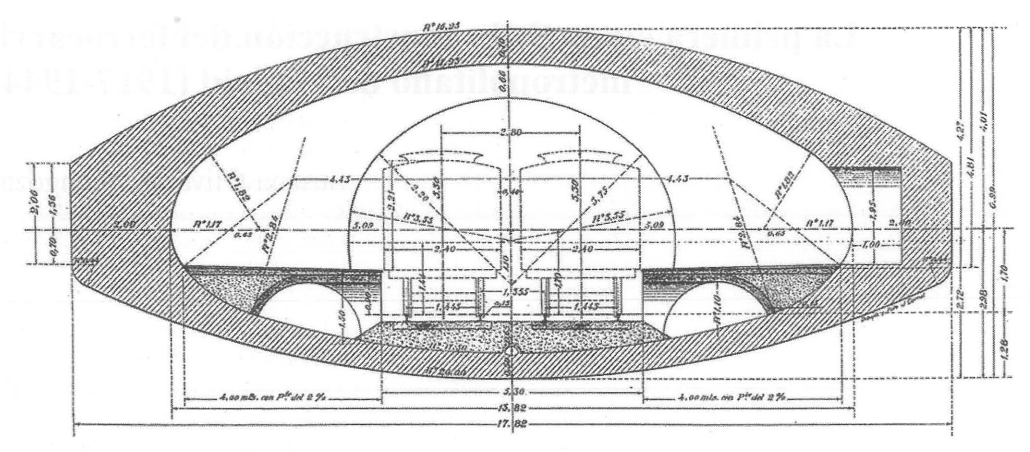


Figura 1
Sección tipo de estación con andén de cuatro metros (Otamendi 1918, 245)

picio. Ambas son muy estrechas y presentaban un tráfico tan intenso que resultaba imposible plantear su ejecución a zanja abierta. Por lo cual, hubo que profundizar lo suficiente para poder salvar los servicios de alcantarillado y distribuciones de agua y luz, e incluso a veces el trazado discurría por debajo de la cimentación de los edificios.

Aparte de estas consideraciones fundamentales en el diseño del proyecto de este tramo en particular, se tuvieron en cuenta todos los condicionantes que afectaban al resto de tramos de la red (cruces con redes urbanas, superposiciones de túneles en los cruces entre líneas…). La profundidad media de esta parte del trazado es de 20 m. por debajo de la rasante de la calle. Por este motivo fue necesario instalar sendos templetes de ascensores en las dos estaciones más afectadas por la diferencia de cota: Sol y Red de San Luis. El sistema constructivo empleado fue el sistema belga (llamado así por haber sido utilizado en 1828 en el túnel de Charleroi en Bruselas), que a partir de su uso en el metro es conocido como «método clásico de Madrid». El método belga se basa en la ejecución en primer lugar de la bóveda, en segundo lugar de los hastiales o estribos, la destroza o vaciado de la sección del túnel y por último la ejecución de la solera o contrabóveda (figura 2).

Túneles

Se comienza abriendo por medios manuales la galería de avance (galería de clave de bóveda) en calota

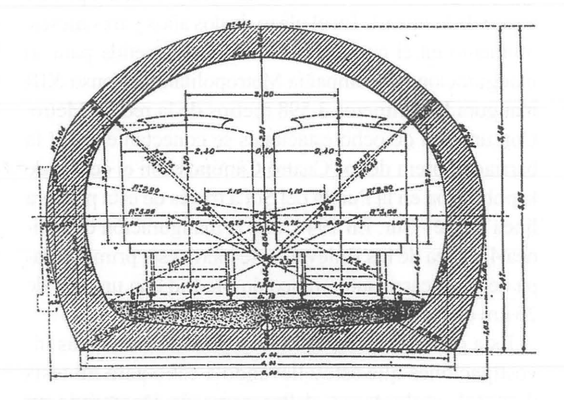


Figura 2
Sección tipo de túnel ejecutado con el sistema belga (Otamendi 1918, 246)

de 3 m. de alto y 1,60 m. de ancho, a la vez que se va entibando con perfiles de madera. Una vez asegurada esta parte central se empieza a ensanchar por ambos lados, excavando en el terreno hasta llegar al trasdós de la bóveda, conteniendo las tierras mediante el apuntalamiento progresivo a medida que progresa la excavación. Estas cimbras en forma de abanico se van colocando cada 1,25 m. (figura 3).

Una vez afianzada la sección del túnel y extraídas las tierras, a continuación, se comienza a levantar la sección de la bóveda con fábrica de ladrillo, subiendo simultáneamente desde sus dos arranques para cerrar en la clave. De este modo,

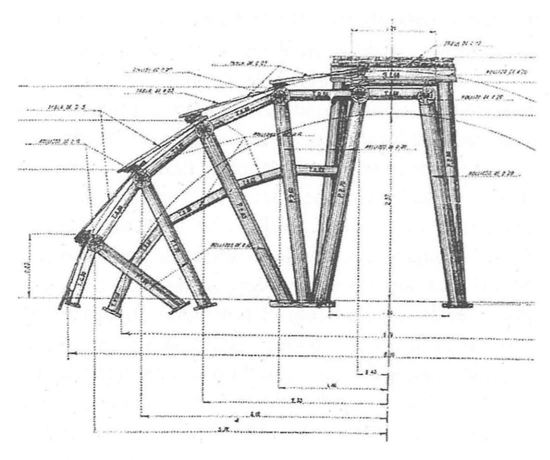


Figura 3
Entibación en abanico. Las dimensiones de las diversas piezas son exactamente iguales en todas las entibaciones del túnel (Otamendi 1921, 34)

cuando ya se han ejecutado los dos tramos de bóveda de 1,25 m. de ancho a ambos lados de cada cimbra, ésta se desmonta para volver a ser utilizada en un nuevo tramo y sustituida por su correspondiente anillo de ladrillo.

Construida la bóveda se pasa a la ejecución de los estribos. Se excavan, descalzando la bóveda que hasta ese momento apoyaba directamente sobre el terreno, en tramos de 2 m. de longitud, nunca enfrentados los de uno y otro lado para evitar debilitar en exceso cada anillo de la bóveda. Se ejecutan en ladrillo y mampostería. Finalizados los estribos se procede al vaciado de tierras o destroza hasta el nivel de la solera, la cual se realiza con hormigón. La construcción avanzaba por anillos sucesivos de 2,5 a 5 m. de longitud dependiendo del tipo de terreno así que el avance mensual llegó a ser de entre 30 a 40 metros en cada pozo de ataque.

Para optimizar los tiempos empleados y economizar medios y esfuerzos se estableció que las dimensiones de la galería de avance fueran siempre las mismas en cada sección (ensanche, longitud de los anillos, estribos, etc.) para así poder reducir al mínimo el trabajo a pie de obra. Gracias a lo cual, las diversas piezas de las cimbras en abanico eran exactamente iguales en todas las entibaciones del túnel por lo que también fácilmente intercambiables.

Las cimbras, que en las primeras líneas eran todas de madera, fueron siendo sustituidas a partir de 1923 por cimbras de hierro fabricadas en Luxemburgo, ejecutadas con un tipo de perfil especial cuya resistencia era superior a la media de los perfiles normales. El espesor era constante en las alas, en lugar de reducirse hacia los extremos como sucedía en los perfiles convencionales, y el ancho de las alas era especialmente mayor, resultando ser de la misma dimensión que la altura del propio perfil. (Otamendi 1923, 9)

La idea inicial fue la de emplear como único material el hormigón pero las circunstancias del momento impidieron la fluidez necesaria del suministro de cemento y piedra por lo que se recurrió a otros materiales: las bóvedas en túnel, como ya se ha comentado, eran de ladrillo, los estribos de mampostería o ladrillo y únicamente las soleras se ejecutaban en hormigón de 300 kg de cemento por m^3 de arena.

Estaciones

El sistema constructivo empleado es el mismo que el de los túneles pero con una importante diferencia: debido a la mayor luz de la bóveda (que en lugar de ser de 6 m. pasa a ser en las estaciones de 14 m.), se invierte el orden de construcción de los elementos. En este caso se construyen en primer lugar los estribos, siguiendo después el mismo orden: galería de avance, ensanche, fábrica de la bóveda, destroza y solera.

Se construyen los 60 m. de cada estribo (longitud de la estación), dejando en su interior una galería visitable que es macizada en el último momento por los obreros, los cuales van retrocediendo desde el extremo o piñón hasta el pozo de trabajo.

Cada estribo tiene un ancho de 1,85 m., y se compone de varias hojas, dos exteriores de fábrica de ladrillo y una central de mampostería y hormigón. La hoja exterior en contacto directo con el terreno es de 1 pie de ladrillo macizo. La parte central realizada en su zona inferior de hormigón para enlazar con la solera, se traba con la fábrica de ladrillo hasta una altura de 0,75 m., y el resto se ejecuta con mampostería de relleno. La hoja interior que adopta la forma del arranque de la bóveda para el asiento de las cimbras tiene un espesor de entre 2 y 2_ pies de ladrillo. (Otamendi 1921,35)

Tramo Bilbao - Cuatro Caminos. Método a zanja abierta.

El tramo que abarca desde Bilbao hasta Cuatro Caminos afecta a cinco estaciones: Glorieta de Bilbao, Chamberí, Martínez Campos, Ríos Rosas y Cuatro Caminos, y pasa por las calles de Luchana y Santa Engracia. Su gran amplitud y las óptimas condiciones del terreno permitieron su construcción a zanja abierta, un método mucho más rápido que a su vez reduce los riesgos de la ejecución (figura 4). No obstante, si bien al principio pensaron que este sistema suponía una importante ventaja económica frente al sistema belga, la práctica, tal y como reconoce el propio Otamendi les demostró que no era tal: ...el ahorro de entibaciones y la mayor rapidez en el avance de la obra no compensan el mayor movimiento de tierras que dicho sistema requiere y el coste elevado de la demolición y reposición de los pavimentos, modificación de tuberías, cables, faroles, postes, sujeción de las vías del tranvía, etc., y sobre todo, las molestias grandísimas que al tránsito públicos se originan; por ello recurrimos a este sistema tan sólo en aquellos puntos en que la reducida cota lo impone (Otamendi 1923, 9).

Túneles y estaciones

La profundidad fijada para la construcción del túnel y estaciones es tal que permite que la excavación se realice a cielo abierto. Se comienza por la construcción de los estribos; se abren sendas zanjas de 0,95 m. de anchura, paralelas y separadas entre sí 6 metros. Una vez completado el vaciado se procede a su macizado de hormigón. El siguiente paso es la ejecución de la bóveda sobre cimbra de tierra en anillos de 4 a 6 m. de longitud. Se levanta el pavimento de la calle y se excava una zanja entre los estribos cuyo fondo dibuje exactamente el intradós de la bóveda. Se alisa la superficie y se reviste de yeso para después verter directamente el hormigón (figura 5). Se terraplena la zanja y pasados entre dos y tres meses (periodo necesario para que la bóveda enterrada fragüe), se hace en túnel la destroza y solera de la galería (Otamendi 1918, 247). El único material empleado con este sistema es el hormigón, en bóveda y estribos de 350 kg de cemento por m^3 de arena y en solera de 300 kg.

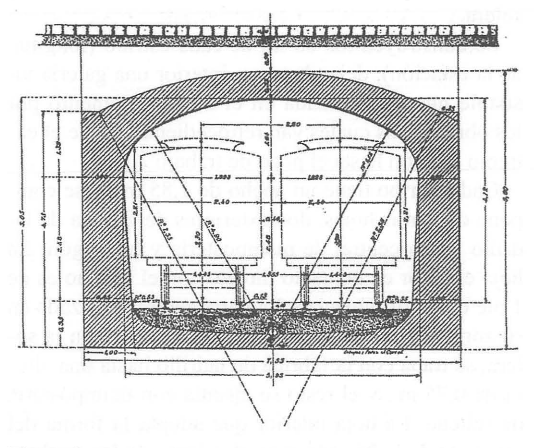


Figura 4
Sección tipo de túnel ejecutado en zanja abierta (Otamendi 1918, 246)

Obras accesorias

Las mayores dificultades aparecieron por las interferencias de la red de metro con los servicios situados en el subsuelo a los que además hubo que aña-



Figura 5
Fotograf;ia de la construcción del vestíbulo de la estación de Príncipe de Vergara. En el terreno se ha preparado el molde para hormigonar la bóveda del vestíbulo (Otamendi 1924b, 10)

dir los establecidos en la superficie de las calles cuyo natural desarrollo era interrumpido por la realización de las obras. Es necesario el conocimiento de todas las instalaciones existentes en el subsuelo, cuyas profundidades medias son más o menos constantes para cada servicio. Los cables y tuberías de distribución de Unión Eléctrica Madrileña y Compañía Electra, suelen encontrarse hasta los 2 m. de profundidad. Las arterias de alimentación del Canal de Isabel II y de Santillana llegan a profundidades de 4 m., y se sitúan normalmente en galerías. Las alcantarillas alcanzan profundidades de entre 6, 8 y hasta 10 m. mientras que los viajes antiguos se encuentran o bien muy superficiales o bien a profundidades mayores.

Todos los servicios del subsuelo que se encuentren dentro del trazado, han de desviarse con anterioridad a la ejecución de la obra, siendo la modificación del alcantarillado el que mayor impacto tiene sobre el proyecto, no sólo por su importancia económica sino por la previsión en plazos de ejecución que requiere, ya que el desvío de esta instalación era necesario acometerlo no sólo con anterioridad a la ejecución del tramo de obra correspondiente sino también a la instalación del pozo de ataque (Calzado1944)

Y aunque en principio pudiera parecer adecuada la adopción de trazados profundos para el metropolitano para así poder evitar los encuentros con la red de alcantarillado, pasando por debajo de los desagües naturales, lo accidentado del terreno de Madrid obligaría a profundidades excesivas que habrían hecho impracticables los accesos al metro para los viajeros.

Hubo que rehacer gran parte del sistema de alcantarillado y en numerosas ocasiones se tuvieron que modificar canalizaciones del Canal de Isabel II, de la Hidráulica Santillana, las de conducción de gas, así como los cables subterráneos de luz y de teléfono. En superficie a veces fue necesario trasplantar el arbolado e instalar puentes metálicos de hasta 10 m. de luz sobre las zanjas de construcción de los túneles para no tener que interrumpir el servicio de circulación de los tranvías.

Estaciones

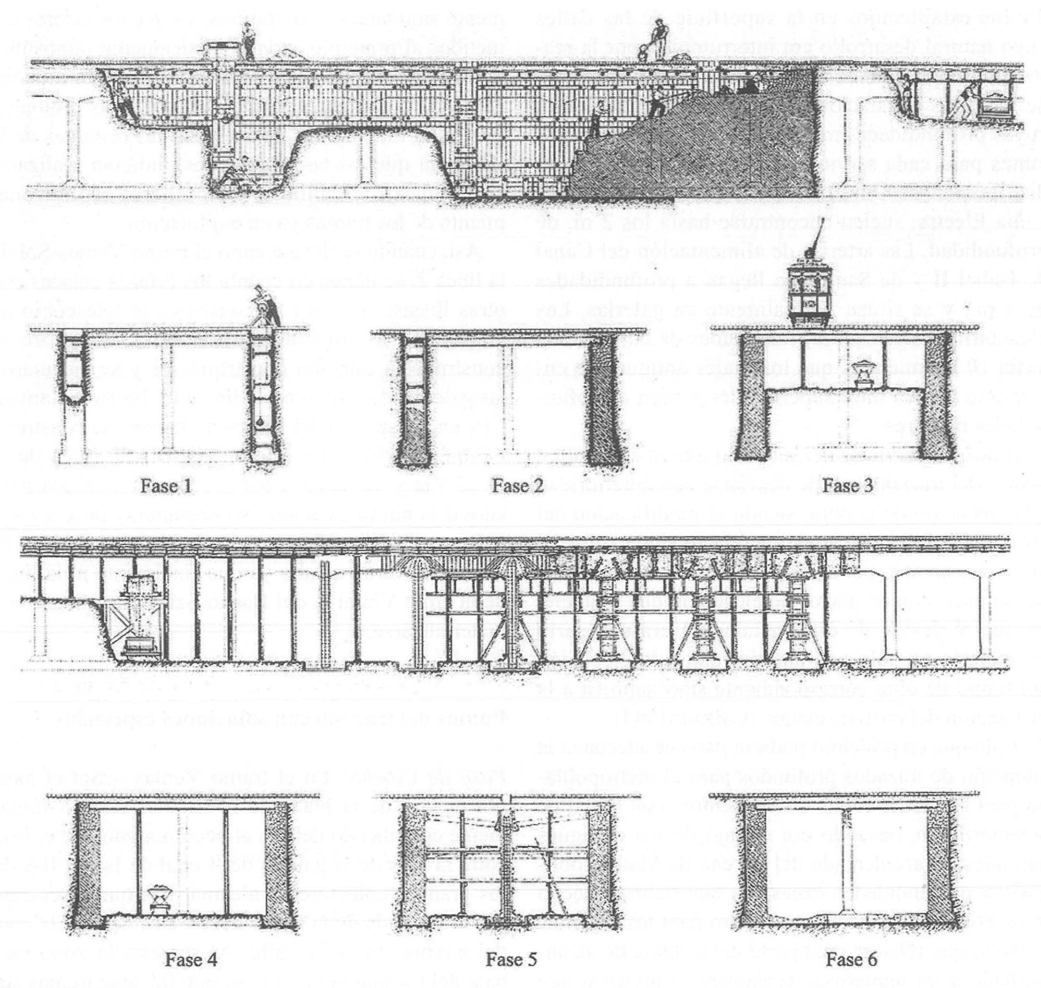
En el proyecto de esta primera fase del metro se llevó a cabo un exhaustivo estudio previo en el que se tuvieron en cuenta no sólo las necesidades del momento sino también las futuras, ya que los errores cometidos al principio serían prácticamente imposibles de corregir después. Por este motivo se tuvo especial cuidado en el planteamiento de las futuras prolongaciones de líneas y sus enlaces con las restantes de la red, para que así las conexiones pudieran realizarse con la máxima facilidad y sin alterar el funcionamiento de los tramos ya en explotación.

Así, cuando se lleva a cabo el tramo Ventas-Sol de la línea 2, se tienen en cuenta los futuros enlaces con otras líneas: en Goya se construyó el telescopio de enlace con la línea de los Bulevares, en Retiro se construyó la estación con triple vía y se ejecutaron las galerías de cruce con la línea del Barrio Salamanca y en la estación del Banco de España se construyó también el telescopio de enlace con la línea de la Gran Vía y se dejaron los accesos preparados para adosar la nueva estación. No obstante, y pese a estos esfuerzos de planificación, no todas estas futuras líneas se llevaron a cabo ya que finalmente ni la línea de la Gran Vía ni la del Barrio Salamanca llegaron a materializarse.

Puntos del trazado con soluciones especiales

Paso de Cibeles. En el tramo Ventas – Sol el paso por debajo de la plaza de la Cibeles resultó sumamente complicado debido al poco margen que existía entre la cota de la galería del Canal de Isabel II y de los grandes colectores y alcantarillas que discurrían por la vaguada de la Castellana y Recoletos y la cota del pavimento de la calle. Al ser esta la zona más baja del trazado el túnel tuvo que llevarse lo más superficial posible para poder cruzar por encima los servicios urbanos (figuras 6 y 7). Para ello fue necesario reducir al mínimo la altura del túnel recurriendo a la sección de techo plano (Otamendi 1924a, 223).

Estación de Sol. La estación correspondiente al primer tramo de la línea 1 Sol-Cuatro Caminos, Sol I, se construyó a una cota de carriles de 14 m. bajo el pavimento con la intención de que por encima de su trasdós quedara espacio suficiente para el túnel de la línea Este-Oeste y para la galería visitable del Canal de Isabel II. Al construirse Sol II (estación de la línea 2 Sol-Ventas) se estudiaron concienzudamente todos los flujos posibles de circulación; se distinguieron tres grandes masas de viajeros: los que acceden des-



Figuras 6 y 7
Túnel con techo plano en el paso de la Cibeles. Sistema de ejecución. Sección longitudinal de avance y secciones transversales (Otamendi 1924b)

de la calle, los que transbordan y por último los que salen, y se proyectaron los recorridos de tal modo que sus circulaciones se produjeran por trayectorias independientes a través de anchas galerías que condujeran a cada viajero a su destino (figura 8).

Organización de los trabajos

Las obras del primer tramo Sol – Cuatro Caminos se hicieron por contrata pero una vez visto el éxito financiero de la explotación la Compañía decide hacerse cargo de los trabajos de obra. Era necesario activar cuanto fuese posible la construcción de las distintas líneas que formaban la red y para poder realizarlo rápidamente se decide crear una gran instalación capaz de dar el impulso necesario a los trabajos.

La Compañía tomó la decisión de adquirir cuantos medios auxiliares fueran necesarios ya que no consideraba prudente depender totalmente de las industrias privadas madrileñas, en lo referente al transpor-

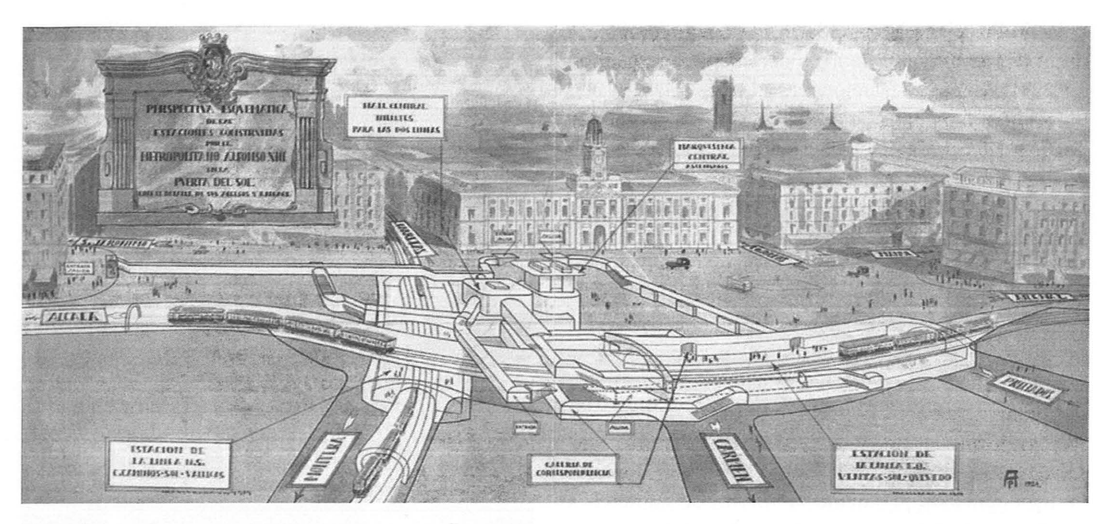


Figura 8
Perspectiva esquemática de los accesos de las estaciones de la Puerta del Sol realizada por Antonio Palacios, arquitecto oficial de la Compañía Metropolitano Alfonso XIII hasta 1945 (Otamendi 1924b)

te de tierras y materiales, la labra de maderas, el abastecimiento de ladrillos y piedra, etc... y para ello adquirió en 1921, cerca de la futura estación de Pacífico, una gran extensión de terreno, 20.000m2 con fachada, entre otras, a la calle Valderribas. Se instalaron aquí todos los talleres de construcción, almacenes, garaje, depósitos, etc...Esta centralización de los núcleos de trabajo facilitaba su vigilancia y primaba la eficacia de la ejecución.

A partir de este momento se concentran en este punto los talleres de cerrajería, forja y reparación de camiones, montacargas, grúas, etc., (en una nave de 50 por 20 metros, con sus tornos, máquinas de roscar, sierra para cortar metales, prensa, taladradoras, fragua, aparato de soldadura autógena, etc.), los talleres de carpintería (con sus sierras de cinta, grúa para el manejo de troncos, máquinas para molduras...), los almacenes de cemento (en una nave de 70 por 20 metros, donde se pueden llegar a almacenar hasta 350 vagones de cemento), un parque de camiones de 2.500 m2 con capacidad suficiente para 50 vehículos, cuadras de 420 m2, cobertizos, oficinas, un depósito subterráneo de gasolina de 30.000 litros un patio de 8.000 m2 para depósito de vías, vagonetas y almacén aislado de maderas.

La Compañía además poseía varios tejares donde se fabricaban los ladrillos corrientes; el de la Bodeguilla, en el término de Canillas de casi 20.000m2 de superficie donde se podían llegar a fabricar en una campaña 2.500.000 de ladrillos, el de la Princesa, a orillas del Manzanares, junto al puente del mismo nombre, de casi 16.000 m2 con capacidad para producir 2.000.000 por campaña, y el más importante, el de la Elipa, en las proximidades de las Ventas, de 42.500m2 y cuyas tierras estaban clasificadas entre las mejores de Madrid. En este último la producción diaria era de 60.000 ladrillos, llegando a completar cada campaña con 5.000.000. Con este conjunto de instalaciones se adquirió la seguridad de que en ningún momento faltaría en las obras este material tan básico.

La piedra procedía, en su mayor parte del río Jarama, junto a Arganda. Era transportada en camiones hasta su estación de ferrocarril y llevada desde allí hasta la estación del Niño Jesús. Como en las proximidades de esta estación se encontraban los vertederos más importantes de la capital, los camiones que descargaban en ellos las tierras extraídas de las galerías aprovechaban el viaje de regreso a los pozos cargando la piedra recibida, consiguiéndose una importante economía de medios.

No obstante, y pese a todos los esfuerzos de producción, la intensidad con que se realizan las obras del Metropolitano exige, además, adquirir ladrillos, piedra, mampostería, etc. a diversas entidades parti-

culares. Por ejemplo, la industria tejera de Madrid es la que proporciona el ladrillo cerámico empleado en las bóvedas de las estaciones y además colabora con el suministro del ladrillo corriente.

La elevación de tierras se realiza, en los pozos de ataque principales utilizando grúas o montacargas eléctricos mientras que para la descarga de las tierras extraídas en los vehículos que debían llevarlas al vertedero se ensayaron diversos sistemas. En el tramo Sol - Cuatro Caminos y Sol - Atocha se emplea el sistema de tolvas, las cuales se instalan en los pozos de ataque para depósito de tierras y así facilitar la operación de carga de los camiones. Si bien a partir del tramo Atocha - Vallecas se desestima su uso pues ocupa un gran espacio, es caro de instalar y su funcionamiento es deficiente, ya que aun disponiéndolas con pronunciada pendiente las tierras se adhieren a sus paredes y requiere que personal complementario se encargue de desatrancarlas.

Se ensaya también el rosario de canjilones, importado de América, que funciona como una noria mediante la que se elevan las tierras desde la rasante de la calle hasta el interior de los camiones, pero las averías resultan ser demasiado frecuentes y el método es también descartado.

Con el que mejor resultados se obtuvieron fue con la instalación en cada pozo de un muelle elevado, de doble vía Decauville a una altura suficiente sobre la calle para que al bascular de costado cada vagoneta pudiera verter directamente las tierras sobre el carro o camión que las llevaría al vertedero (figura 9). Las vagonetas se elevaban del pozo llenas de tierras en el montacargas, pasaban a una de las vías del muelle donde descargaban su carga, para una vez vacías pasar a la otra vía y ser de nuevo montadas en el montacargas para bajarlas hasta el punto de extracción.

En los casos en que los trabajos se encontraban próximos a un vertedero, se prescindía del muelle elevado y las propias vagonetas iban formando un tren que era arrastrado por una locomotora de gasolina. Durante todo el proceso constructivo se intenta siempre sacar el máximo partido de los recursos disponibles, prueba de ello es que las tierras procedentes del túnel se llevan al tejar de la Princesa donde se emplean en la fabricación de los propios ladrillos. Como dice Otamendi: «...resultando así un aprovechamiento curioso el de estas tierras, que extraídas para abrir nuestra galería, vuelven poco después a ella en forma de ladrillos, para sustentarlas» (Otamendi 1921,35). En el tramo Atocha - Vallecas las tierras extraídas se emplearon en gran parte para formar el Paseo de Ronda de 40 m. de anchura, en la zona próxima a Pacífico. Toda la madera empleada en las obras (cimbras, tolvas, entibaciones, vallas, escaleras, casetas,...) se compra al por mayor directamente en los bosques y se labra en los talleres de carpintería de la Compañía, siendo enviadas al tajo con las medidas exactas a fin de facilitar su montaje en la obra.



Figura 9
Muelle elevado con doble vía Decauville en el pozo de trabajo de Banco de España. (Otamendi 1924b, 6)

Materiales y acabados

En los vestíbulos y estaciones, para conseguir hacer atractivos espacios subterráneos sin iluminación natural, además de construir con amplias dimensiones y a la menor profundidad posible para que pudieran estos espacios estar iluminados cenitalmente, tal como comenta Antonio Perla: «el empleo de forma exhaustiva de la azulejería en absolutamente todos los espacios y recovecos [...], fue la clave para lograr la luminosidad de los mismos». (Perla 2001, 289-300) Se alicatan paredes y techos con dos tipos de azulejo; uno blanco de formato rectangular biselado que se emplea como elemento de cubrición general y otro

decorativo empleado de manera selectiva para significar los elementos en los cuales se dispone. El azulejo blanco procedente de Onda, se coloca de distintas maneras según el paramento y el lugar en el que esté, así encontramos diferentes disposiciones según se trate de un pasillo de circulación, un vestíbulo o un andén (figura 10).



Figura 10
Encuentro de la bóveda del vestíbulo de la estación de Chamberí con las embocaduras de los pasillos de acceso a los andenes. (Foto de la autora 2012)

Estaciones

Tanto las paredes como las bóvedas de las estaciones se recubrían con el ya mencionado azulejo blanco biselado. En las paredes se colocaban numerosos carteles publicitarios llenos de colorido, también cerámicos, enmarcados por una ancha faja de azulejos sevillanos compuesta a su vez de varias cenefas con diversos motivos: dos líneas de azulejos de formato rectangular en color verde oliva intenso entre las cuales discurría una cenefa el doble de ancha con motivos florales con reflejos cobrizos sobre fondo azul. Como remate contra el resto de la pared de azulejos blancos se colocaba una última cinta dorada con relieve que se asemejaba a una cuerda enroscada. Las embocaduras de los pasillos de acceso a los andenes, los testeros de los túneles y sus boquillas se decoraron también con este azulejo sevillano, componiendo un resultado «altamente decorativo de marcado estilo español» (Otamendi 1919, 12).

Vestíbulos

El empleo de la cerámica decorativa también se usa para dar suntuosidad a los vestíbulos. Además de los recursos decorativos ya mencionados se emplearon artesonados y altorrelieves de Toledo con escudos de las provincias españolas en los vestíbulos de las estaciones de mayor relevancia. Se buscaba la singularidad, así lo explicaba Miguel Otamendi:

> Se ha cuidado de no caer en el defecto de la mayoría de los metropolitanos extranjeros, en los que adoptado un tipo de estación y de vestíbulo de ingreso, pobremente decorado, se repite incesantemente; en el metropolitano madrileño, es preciso atraer a un público acostumbrado a la viva luz exterior de sus calles y paseos, y para ello es necesario que sus vestíbulos y estaciones sean claros, alegres, prestándose a ello perfectamente la rica variedad de cerámicas de las diversas regiones españolas. (Otamendi 1945, 14)

Tipos de estaciones. Estaciones de enlace; crecimiento y superposición

Existen tres tipos básicos de estación: la estación de cabecera o de término, la estación intermedia y por último, la de transbordo o correspondencia. Las características tipo de la red son de aplicación a las estaciones intermedias, mientras que a las estaciones de comienzo y final de línea, como sucedió en el primer tramo que fue inaugurado: Sol - Cuatro Caminos se las consideró de mayor relevancia. Por ello además de tener mayores dimensiones, por ejemplo de andenes, se hizo hincapié en su decoración. En este caso se trataba de las dos estaciones clave, ya que el éxito del tramo se fundamentaba en la conexión directa que suponía la línea entre el centro de la capital, Sol, con la populosa barriada de los Cuatro Caminos, que en aquel momento se encontraba en pleno proceso de crecimiento urbanístico.

Atención especial merecen las estaciones de transbordo y correspondencia entre líneas, ya que su crecimiento a lo largo del tiempo es de especial interés.

Se produce la macla entre túneles, accesos, vestíbulos y un intrincado laberinto de pasillos. Estaciones como Sol, Cuatro Caminos o Goya constituyen el mejor ejemplo de esta arquitectura subterránea.

Conclusiones

La construcción de la primera línea del Metro de Madrid supuso un hito tanto para las comunicaciones de una capital colapsada por el cada vez más intenso tráfico en superficie como para la Historia de la Construcción en España. Era la primera vez que se realizaba una empresa de tal envergadura capaz de construir un túnel ferroviario que atravesase Madrid de norte a sur, y además, aplicando sistemáticamente un método constructivo: el sistema belga de construcción en galería de túnel. Muestra del éxito que tuvo el empleo de este método lo constituye el tiempo récord en el que se ejecutaron las obras (dos años y tres meses) y el hecho de que a partir de entonces se denominara método tradicional de Madrid. El entusiasmo y la decisión de la dirección de la Compañía (los ingenieros Otamendi, Echarte y Moreno), y la calculada organización de los trabajos fueron claves en el éxito de la empresa.

Esta comunicación supone un breve acercamiento a los procesos constructivos, al empleo de materiales, a las obras accesorias necesarias e imprescindibles, a la organización de los trabajos, etc., a través del cual podemos ver con la perspectiva que el paso de tiempo otorga la gran complejidad del proyecto y su ejecución para el momento en el que tuvo lugar.

Tanto el planteamiento general, como las estrategias de ampliación de recursos y medios y la fijación de los plazos de ejecución fueron totalmente acertados. La apuesta que la Compañía hizo por la construcción de todas las líneas del proyecto original demostró el éxito de la empresa. Cuando el 23 de marzo de 1944 se inaugura la última línea de esta etapa del metro, la línea de los Bulevares, se consigue un punto clave del trazado del metropolitano: se convierte por fin en una red mallada con centro en Sol. Por eso no es de extrañar que poco menos de un año después, en un solo día, se llegara a transportar un millón ciento cincuenta mil viajeros, lo que en aquel momento suponía el 90 por ciento del censo de Madrid (Moya 1990).

Lista de referencias

Calzada, Mariano. 1944. «La nueva línea de bulevares del Metropolitano de Madrid. Desviación de colectores en la plaza de Colón». *Revista de Obras Públicas.* Nº 2747, 104-111. Madrid: Colegio de Caminos, Canales y Puertos.

Moya, Aurora. 1990. *Metro de Madrid 1919-1989. Setenta años de historia.* Madrid: Metro de Madrid.

Otamendi, Miguel. 1918. «Las obras del Metropolitano Alfonso XIII. Línea Sol-Cuatro Caminos». *Revista de Obras Públicas.* Nº 2225, 245-250. Madrid: Colegio de Caminos, Canales y Puertos.

Otamendi, Miguel. 1919. *Metropolitano Alfonso XIII.* Madrid: Compañía Metropolitano de Madrid.

Otamendi, Miguel. 1921. *Metropolitano Alfonso XIII, Trozo Sol-Atocha.* Madrid: Compañía Metropolitano de Madrid.

Otamendi, Miguel. 1923. «Las obras del Metropolitano Alfonso XIII. Trozo Atocha-Vallecas». *Revista de Obras Públicas.* Nº 2380, 6-11. Madrid: Colegio de Caminos, Canales y Puertos.

Otamendi, Miguel. 1924a. «Las obras del Metropolitano Alfonso XIII. Línea Este-Oeste (Trozo Ventas-Sol)». *Revista de Obras Públicas.* Nº 2407, 221-225. Madrid: Colegio de Caminos, Canales y Puertos.

Otamendi, Miguel. 1924b. *Metropolitano Alfonso XIII: línea este-oeste, trozo Ventas-Sol.* Madrid: Compañía Metropolitano de Madrid.

Otamendi, Miguel. 1945. *El ferrocarril metropolitano de Madrid: Metro años 1917-1944.* Madrid: Compañía Metropolitano de Madrid.

Perla, Antonio, 2001. «Antonio Palacios y la cerámica: luz y color en la arquitectura». *Antonio Palacios, constructor de Madrid.* Madrid: La Librería.

Arne Jacobsen: Innovación y prefabricación

Yolanda Ortega Sanz

Esta comunicación analiza la contribución del arquitecto danés Arne Jacobsen, 1902-1971, al campo de la prefabricación a través del estudio de los avances técnicos introducidos en su obra arquitectónica, que se inicia en la construcción de edificios públicos e industrias con elementos estructurales prefabricados de hormigón y finaliza con la utilización de paneles prefabricados de madera laminada y de hormigón para el proyecto de casas unifamiliares.

Después de la segunda guerra mundial, tras la colaboración y construcción de la sede de la empresa constructora y consultora de ingeniería A. Jespersen & Søn, 1952-1955, el arquitecto Arne Jacobsen inicia una creciente implantación de las nuevas técnicas de prefabricación vinculadas a las máximas prestaciones estructurales, que utilizaría en la sede Jespersen, y perfeccionaría, bajo el asesoramiento del ingeniero M. Folmer Andersen, en la construcción del ayuntamiento de Rødovre, 1953-1956 (figura 1), o en la escuela Nyager, 1959-1964. También el acercamiento a la industria alemana, a través de su colaborador Otto Weitling, permite a Jacobsen introducir los nuevos sistemas en los complejos industriales Novo, 1966-1969, el centro urbano de Castrop-Rauxel o la escuela Christianeum, 1966.

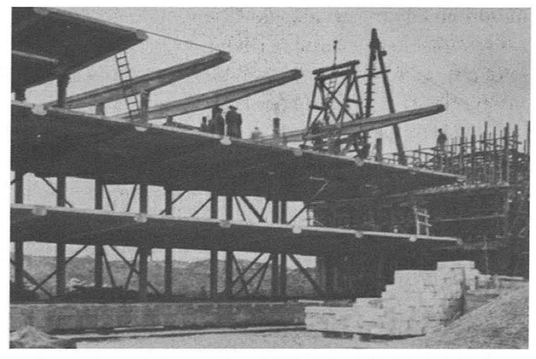


Figura 1
Arne Jacobsen, arquitecto; M. Folmer Andersen, ingeniero. Estructura en doble ménsula a partir de elementos prefabricados, ayuntamiento de Rødovre, 1953-1956 (Danmarks Kunstbibliotek)

El continuo desarrollo de la construcción industrializada y la colaboración entre arquitectos, ingenieros e industria del diseño propicia una intensa obra arquitectónica que aúna forma y estructura, innovación y tecnología, y que se ejemplifica también en el campo de la vivienda unifamiliar donde Jacobsen ensaya la síntesis de modulación, prefabricación y estandarización. De esta manera, el arquitecto danés Arne Jacobsen contribuye a este proceso mediante la construcción de las casas *Kubeflex*, 1969-1970, para la empresa N.S. Høm, de paneles de madera laminada, basada en un módulo estructural de 3,36 x 3,36 m; el proyecto de casas prefabricadas *Kvadraflex*, 1970, para la exposición Archibo, 1970; y el proyecto *Møllehuset,* casa Molino, de paneles prefabricados de hormigón, 1969, para la empresa constructora A. Jespersen & Søn. El concepto de flexibilidad y modulación presente en las propuestas y la

aplicación del sistema constructivo aportan, mediante esta comunicación, unas constantes para la reflexión de la prefabricación en la actualidad.

Innovación y prefabricación. De la vivienda plurifamiliar a la vivienda unifamiliar

El refinamiento constructivo de la arquitectura danesa gravita en torno a la tradición material y la calidad artesana. La honestidad material y la precisión constructiva suscitan un nuevo sistema dinámico basado en la autonomía de los elementos, la economía material y la rapidez de ejecución. En la década de los setenta, el impulso de la industria promueve la prefabricación de la construcción. La evolución tecnológica de la industria aplicada a la construcción suscita la seriación de los elementos constructivos y su eficaz puesta en obra. El concepto de montaje comprende, asimismo, dos fases de ejecución en la definición constructiva: el proyecto de la construcción y el de la fabricación. La seriación de los elementos constructivos desarrolla el concepto del estructuralismo de una arquitectura donde la flexibilidad y reversibilidad suscita un enorme potencial de crecimiento y cambio en el tiempo en función de las necesidades.

La evolución tecnológica de la industria que se aplica inicialmente a los edificios públicos pasa a aplicarse paulatinamente al ámbito doméstico. La aplicación de los sistemas de prefabricación promueve la flexibilidad y la variación de los espacios domésticos a partir de un número limitado de elementos constructivos. Varias empresas constructoras nórdicas o escandinavas elaboran varios sistemas aplicados a la construcción de viviendas plurifamiliares, como los sistemas suecos Skanska-Allbeton, Skarne o Schäller-Bauherz-Haus, o los sistemas daneses T.V.P, Larsen & Nielsen o Jespersen & Søn (figura 2), basado en losas prefabricadas de hormigón, y conocido también como 12M Jespersen en la licencia adquirida por John Laing & Son de Londres.

Jacobsen afronta los principios de la seriación y estandarización en las propuestas urbanas donde aúna la prefabricación de los componentes con la sensibilidad paisajística, a través de los proyectos para edificios públicos, oficinas, industrias y edificios plurifamiliares dando respuesta a las oportunidades de la construcción industrializada, un campo que estaba quedando relegado a los ingenieros. La vivienda unifamiliar prefabricada también ocuparía un lugar prioritario en su obra pues los «fabricantes exportan una buena cantidad de casas prefabricadas, sin fantasía ni espíritu, aunque técnicamente satisfactorias.» (Jacobsen 2008)

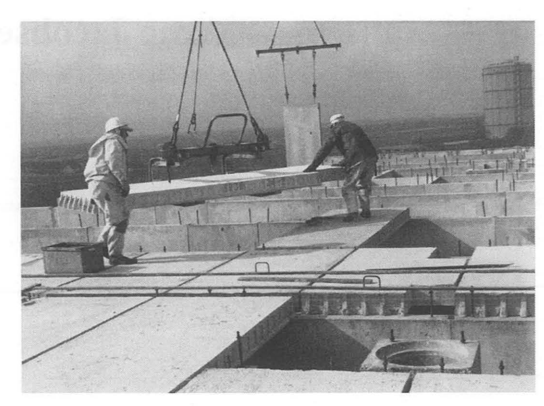


Figura 2
Jespersen & Søn. Sistema de losas prefabricadas para la construcción de viviendas plurifamiliares (Meyer-Bohe, W. 1969)

Arquitectura flexible y casas prefabricadas

En los últimos años de su carrera profesional, y dando continuidad a su reconocida trayectoria como arquitecto, interiorista y diseñador de mobiliario, Jacobsen recibe el encargo de proyectar tres casas prefabricadas, las cuales aportaron un nuevo enfoque respecto a la flexibilidad, claridad de planteamiento y sistema constructivo. El rigor y la precisión presente en los detalles culmina en una síntesis sutil de arquitectura e industria. El arquitecto trabaja en los tres proyectos simultáneamente, entre 1969 y 1971. *Kubeflex* se concibe a partir de un módulo delimitado por cuatro marcos laminados de madera y un sistema de cerramiento de paneles independientes de la estructura. *Kvadraflex* pertenece a un sistema de entramado de elementos lineales ensamblables de acero donde cada unidad se construye como un armazón cuyo espacio se delimita mediante siete tipos de paneles estandarizados. Por último, *Møllehuset* o la casa molino se basa en una estructura de paneles prefabricados de hormigón, similar al sistema de losas prefabricadas que *A. Jespersen & Søn* patenta en ese

momento para los conjuntos residenciales de vivienda plurifamiliar. La contribución más notable de este período, y el proyecto que siempre atrae más atención, es la casa *Kubeflex*, por su atractivo refinamiento visual y constructivo, pero las tres casas prefabricadas diseñadas por Jacobsen comparten el objetivo de ofrecer una arquitectura flexible, de fácil adaptación a diferentes estilos de vida, y una construcción de viviendas de calidad a precio asequible, siempre desde una perspectiva moderna.

Kubeflex, 1969-1970. Sistema modular de casas de vacaciones, para N.S. Høm

Entre 1964 y 1967, Arne Jacobsen diseña para la empresa A/S Stelton la serie de menaje *Cylinda-Line* de acero inoxidable. La gama de productos, aún en producción, incluye entre otros una tetera, cafetera, azucarero, tarro de mermelada, cenicero, salero, bandeja, cubitera, ensaladera, etc. El arquitecto trabajó en este proyecto innovador con Peter Holmblad, diseñador industrial e hijo de la segunda esposa de Jacobsen, quién había sido contratado por la empresa en 1963. *Cylinda-Line* supuso un reto por la introducción del acero inoxidable a unos enseres que habían relegado su condición material a la arraigada tradición cerámica, un material que confiere unidad y forma, como Jacobsen había demostrado con la cubertería *AJ* para A. Michelsen en 1957.

Esta colaboración propició el encuentro de Jacobsen con el cofundador de Stelton, Niels Stellan Høm, quién contrató al arquitecto para desarrollar una casa prefabricada para su empresa «Høm Huse», fundada en 1950. La empresa fue la primera en desarrollar un sistema de construcción que hacía posible que las personas, aún careciendo de formación técnica, pudieran construir su propio hogar obteniendo así una casa asequible y estandarizada. De esta manera, Jacobsen se cuestiona las posibilidades de los procesos de estandarización e industrialización de la producción en serie aplicados a la arquitectura, y la unidad habitacional mínima como generadora de sistema de agregación abierto y flexible.

Kubleflex, concebida como casa de veraneo, consiste en una estructura formada por marcos de madera laminada prefabricados y ensamblados in situ de 3,36 x 2,66 metros, que forman un módulo cuadrado en planta de 3,36 x 3,36 metros. Cada unidad tiene una superficie construida de 11,29 metros cuadrados y un volumen aproximado de 26,75 metros cúbicos. La vivienda mínima, de 45,16 m2 está formada por cuatro unidades con dormitorio, sala de estar-comedor y equipada con las instalaciones correspondientes para cocina y baño. La vivienda puede ampliarse agregando nuevas unidades hasta alcanzar una casa de once módulos o más, es decir, 124 metros cuadrados.

Según la memoria técnica del proyecto, la construcción de la vivienda podía completarse en tan solo ocho días, una vez que la cimentación e impermeabilización estuviera finalizada (figura 3). Tras la disposición y estabilización de los marcos estructurales, el forjado consta de viguetas de madera, 15 cm de aislamiento y pavimento de tablas lacadas, a excepción de la cocina, donde se coloca vinilo como acabado. La estructura de cubierta es de viguetas recubiertas de madera contrachapada para exteriores y revestida de neopreno líquido, 12,5 cm de aislamiento y dos vigas transversales que permiten estabilizar los marcos estructurales (Jacobsen 1998). Cada módulo dispone de un canal perimetral de 30 cm para evacuación de aguas pluviales, que en interior crea espacios de transición de 2,10 metros de altura, y que permite retrasar el volumen de cubierta formado por un plano cóncavo de paneles de fibra de 12 mm pintados de



Figura 3
Arne Jacobsen. *Kubeflex*, casa prefabricada en construcción, 1969-1970 (Høm Huse)

blanco. Este espacio bajo cubierta alcanza una altura libre de 2,50 m. El sistema de agregación permite ir alternando la orientación de la cubierta.

Respecto a los cerramientos exteriores, el marco estructural de sección 5 x 30 cm libera una obertura de 2,10 x 2,70 metros donde se coloca el cerramiento formado por siete tipos de componentes estandarizados, principalmente paneles intercambiables de 90 cm de ancho y 2,10 m de altura. El color verde claro enfatiza la función estructural del marco que contrasta con los cerramientos y cubierta de color blanco. Los paneles de 10-12 cm están formados por 10 cm de aislamiento y 4 mm de revestimiento cerámico, con un acabado exterior de fibrocemento e interiormente con placas de yeso pintadas de blanco. Estos paneles sobresalen del marco estructural, quedando enrasados en el interior. La combinación de los mismos configura los siguientes planos de fachada: plano opaco, plano totalmente acristalado, dos paneles opacos y una puerta corredera acristalada u opaca, plano acristalado con una puerta corredera, paneles opacos con ventana corredera horizontal baja o alta, etc. (Thau y Vindum 2001).

Kubeflex se presenta al público en la exposición *Archibo* celebrada en Ishøj en 1970 como un «sistema de construcción de casas de vacaciones. La unidad básica es un cubo, que consiste en suelo, techo y cuatro postes en esquina que acogen un marco estructural de madera. Los elementos de la fachada son intercambiables, y el módulo base se puede equipar con accesorios para la cocina, el baño, etc.» (Skriver 1969)

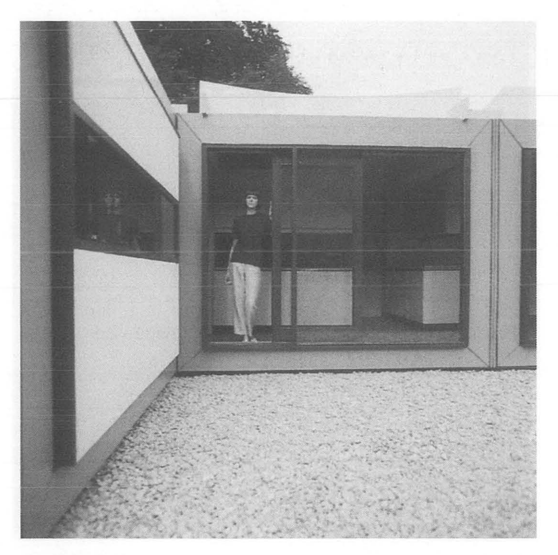


Figura 4
Arne Jacobsen. *Kubeflex*, casa prefabricada con estructura de marco de madera laminada (Solaguren-Beascoa 2001)

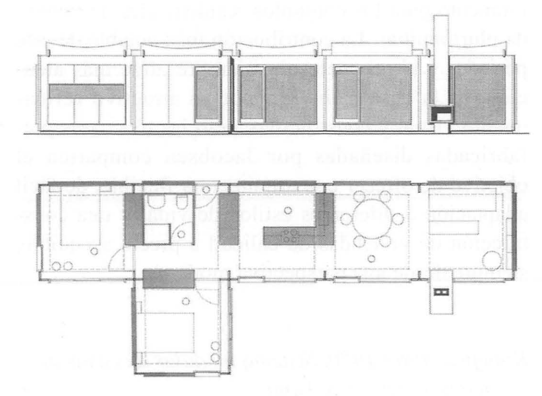


Figura 5
Arne Jacobsen. *Kubeflex*, planta del prototipo de seis módulos, 1969-1970 (Skriver 1969)

La exposición preveía el montaje de cuatro prototipos de viviendas, formados por ocho, diez, once y trece módulos respectivamente. La disposición de las casas en la parcela no sólo mostraba las posibilidades de ampliación, sino la casa como modelo de crecimiento urbano de baja densidad, donde la ordenación de los módulos establecía límites de privacidad y espacio exterior. Pero el único prototipo finalmente construido constaba de seis módulos, cinco de ellos dispuestos linealmente, para establecer un frente ciego con el acceso en una de las fachadas abriendo así la opuesta al paisaje y acogiendo el módulo restante y la verticalidad de la chimenea como volumen exterior anexo (figuras 4 y 5). Tras la exposición, el prototipo se desmonta y se instala en Vordingborg, al sur de Copenhague como casa de vacaciones de la familia Jacobsen, hasta que en 2005 es trasladado al Museo Trapholt en Kolding. Actualmente, la casa ocupa un lugar destacado en el jardín del museo y es una de las atracciones principales, cuya presencia permite cuestionarse sobre las ventajas e inconvenientes del sistema, y ha permitido que la empresa *Høm Huse* se planteé ponerla en el mercado con algunas mejoras técnicas.

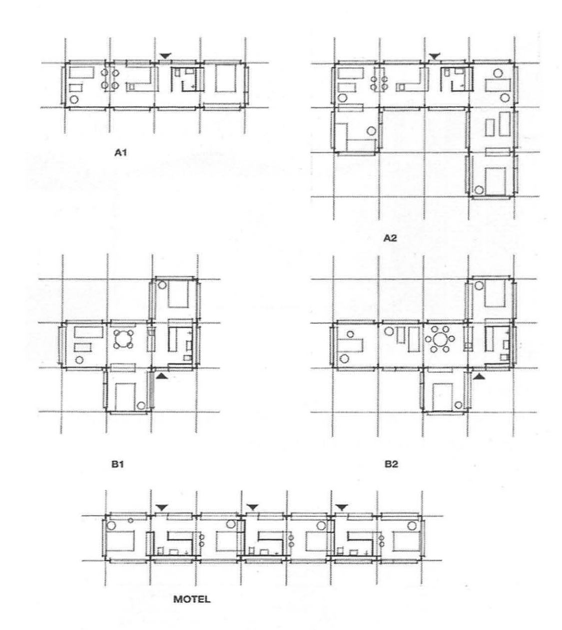


Figura 6
Arne Jacobsen. *Kubeflex*, catálogo de configuraciones y usos, arquitectura flexible y aditiva, 1969-1970 (Danmarks Kunstbibliotek)

De todas maneras, la principal innovación, en comparación con los modelos existentes en el momento, es que se trataba de un sistema flexible que permitía ser utilizado tanto para la construcción de casas pequeñas de veraneo, pabellones de invitados de una o dos unidades, moteles, colonias de verano, pabellones de exposiciones, etc., según se muestra en la documentación gráfica del proyecto (figura 6). Otros arquitectos daneses también ensayaron sistemas de crecimiento similares aplicados a la vivienda, como el proyecto *Espansiva*, 1969, de Jørn Utzon. La concepción y repetición de un módulo estructural resistente, definido como marco o formando un esqueleto de elementos lineales, fue también el punto de partida del proyecto *Moduli 225* de los finlandeses Kristian Gullichsen y Juhani Pallasmaa en 1969-1971, o el catálogo de viviendas *Stelco*, desarrollado por *Barton Myers Associates* en 1968-1969. También el sistema *Square L-type system* propuesto por J.H. Van der Broek y J.B. Bakema en 1966-1967 es un referente. El proyecto se concibe a partir de un módulo de 6,30 x 6,30 m con estructura de acero, admitiendo la superposición de módulos (Bakema 1981). Jacobsen recogería alguno de estos referentes para trabajar en el proyecto de la casa *kvadraflex*, pasando de marcos estructurales a elementos lineales ensamblables.

Kvadraflex, 1969-1971. Casas tipo con sistema de estructura de acero para E. Antkowiak

Las exposiciones nacionales, internacionales o ferias de construcción fueron uno de los escenarios adecuados presentar a los profesionales y al público en general las novedades sobre prefabricación y su aplicación en la concepción de un hábitat moderno. Entre otras exposiciones, *Archibo I* fue considerada la primera exposición internacional de casas unifamiliares y tuvo lugar en Copenhague del 12 de Julio al 15 de septiembre de 1969. Dos años más tarde, la segunda exposición *Archibo* se traslada a Ishøj, al sur de Copenhague, del 10 de octubre de 1970 al 30 de Abril de 1971 (Skriver, 1970). Durante más de medio año, una selección de casas diseñadas por los arquitectos daneses Arne Jacobsen, Hans Hansen, Knud Friis, Elmar Moltke o Allan de Nully Brown formaron parte de la exposición y algunas de ellas aún permanecen allí, como el conjunto de casas *Kvadraflex*, con algunos cambios.

Al igual que *Kubeflex*, la vivienda *Kvadraflex* presenta un esquema claro y sencillo al concebirse a partir de la agrupación de módulos cuadrados de 4,25 x 4,25 metros en planta, con una superficie útil de 16,65 m2 (figura 7). Esta ampliación del módulo, de 3,36 a 4,25 metros, permite la aparición de zonas de paso, además de las estancias, y propicia el uso de la vivienda fuera

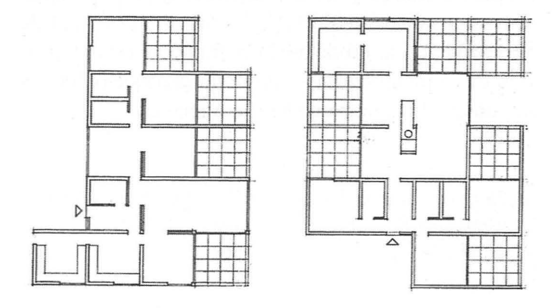


Figura 7
Arne Jacobsen. *Kvadraflex*, alternativas de agrupación de módulos, 1969-1971 (Skriver 1972)

de los periodos estivales. La estructura principal está formada por un entramado de cuatro pilares de acero de sección cuadrada, de unos 15 cm y 2,70 metros de altura, sobre los cuales se dispone la estructura de cubierta resuelta a cuatro aguas. La estructura libera un frente con una altura de 2,10m que acoge los paneles exteriores de cerramiento y se resuelve el hastial con dos ventanas triangulares que permiten enfatizar lumínicamente la levedad de los planos de cubierta. El arquitecto identifica siete tipos de elementos estandarizados que permiten delimitar el espacio y que siguen una modulación de 1,05 x 2,05 cm, contemplando así elementos de paso y planos opacos o elementos de protección solar de 2,10 x 2,10 m. Los paneles de fachada tienen un aislamiento de lana mineral y un acabado exterior de fibrocemento, mientras que las particiones interiores tiene aislamiento acústico (Skriver 1972).

Kubleflex y *Kvadraflex* fueron presentadas conjuntamente en la exposición, pero únicamente *Kvadraflex* se implanta con voluntad de permanencia, ordenándose el conjunto de tres casas a partir de un patio que concentra los accesos y al que le precede un aparcamiento, que utiliza la misma modulación y componentes que las viviendas. Aunque el sistema permite configuraciones abiertas, introduciendo patios o porches entre los módulos, las casas finalmente construidas en Ishøj son cuadradas y compactas, formadas por nueve módulos cada una, ocupando una planta cuadrada de 12,75 metros, y una superficie construida de 162,56 metros cuadrados, que responde a un programa de vestíbulo, sala de estar, comedor, cocina, tres dormitorios, aseo y dos baños (figuras 8 y 9). La vivienda se articula a partir del núcleo de baños, que ocupa una posición central y permite distribuir el resto de las estancias alrededor del mismo. Algunas de las soluciones constructivas contempladas eran propias de construcción in situ, siendo elaboradas en su realización y dilatando el final de obra, aún así, la modulación permitía la estandarización de elementos para su posterior producción en serie, aunque finalmente no llegó a iniciarse.



Figura 8
Arne Jacobsen. *Kvadraflex*, vista general del conjunto de casas, 1970 (Thau y Vindum 2001)

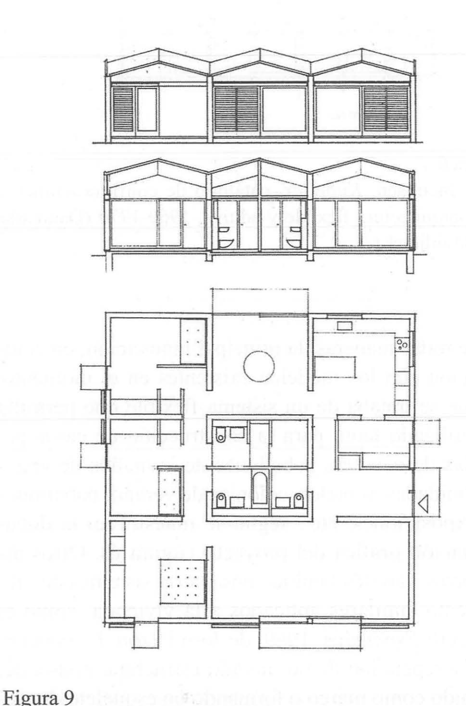


Figura 9
Arne Jacobsen. *Kvadraflex*, planta de la casa construida en la exposición Archivo, 1970 (Skriver 1972)

Møllethus, casa molino, 1969. Casa unifamiliar de paneles prefabricados de hormigón para A. Jespersen & Søn

El constructor Anderssen funda en 1903 la empresa constructora A. Jespersen & Søn. Durante un primer período la empresa lleva a cabo varias construcciones de mampostería utilizando los materiales tradicionales daneses, ladrillo y mortero, pero con la incorporación de su hijo como copropietario, el ingeniero Paul Kerrn Jespersen en 1922, la empresa paulatinamente fue orientando su campo de investi-

gación hacia la introducción de nuevos sistemas constructivos hasta patentar en 1962 el sistema Jespersen & Søn de losas prefabricadas para la construcción de bloques de viviendas (Meyer-Bohe 1969), pero la incorporación de arquitectos a su equipo de trabajo también fue un rasgo distintivo.

Es así como Arne Jacobsen inicia el proyecto para la sede de la empresa A. Jespersen & Søn en 1952-1955, donde utiliza una estructura en doble voladizo con una fachada de muro cortina, que posteriormente incorpora en el ayuntamiento de Rødovre, 1952-1956, y el Hotel SAS, 1955-1960. En colaboración con el ingeniero M. Folmer Andersen Jacobsen desarrolla una serie de proyectos donde la prefabricación de los elementos estructurales y la racionalización de la construcción determinan la modulación de la construcción y la correspondencia entre la estructura y el cerramiento.

En las obras en que el arquitecto incorpora sistemas industrializados, cuenta con la solvencia técnica de una empresa constructora y sus respectivos asesores técnicos, ingenieros e industriales, que le confiarían al arquitecto otros proyectos como la refinería Maersk en 1953, veintinueve casas adosadas en Gentofte utilizando losas prefabricadas y muro cortina en 1953-1957, el proyecto para casas patio en Carlsminde, 1953-1959 o el prototipo para la casa molino con paneles prefabricados de hormigón, 1969 (figura 10).

Jacobsen acomete el proyecto de la casa molino, *Møllethus*, en colaboración con Poul Ove Jensen y los ingenieros de A. Jespersen & Søn para explorar las posibilidades de la prefabricación y estandarización de elementos en la vivienda unifamiliar. La estructura consiste en cinco paneles portantes prefabricados de hormigón de 1,05m de ancho, dos de los cuales son simples y tres en ángulo. Los paneles de cerramiento tienen una altura de 2,80 m para soportar y ocultar el forjado, que consiste también en losas prefabricadas, y forma una altura interior de 2,10 metros, que corresponde a la medida de los paneles interiores. El proyecto contempla la prefabricación y el montaje en seco de todos sus componentes, así como la incorporación de puertas, ventanas o acabados disponibles en el mercado.

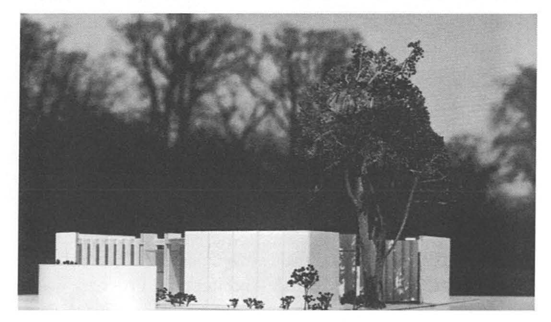


Figura 10
Arne Jacobsen. Casa «Molino», maqueta del prototipo de paneles prefabricados de hormigón, 1969 (Skriver 1969)

Aunque la construcción con elementos estandarizados propicia la creación de múltiples disposiciones, *Møllethus*, o casa molino alude directamente al prototipo desarrollado por Jacobsen, que se basa en una ordenación en espiral de cinco pabellones entorno a un núcleo central. La capacidad portante de los paneles, y la necesaria estabilización de las losas del forjado caracterizan la configuración en cajas estables de muros paralelos, donde los paneles se ordenan en una trama de 1,05 m. El programa y distribución es bastante similar al prototipo construido de *Kvadraflex*, es decir, un núcleo central de servicios, y sala de estar, comedor y tres dormitorios con una superficie útil de 129 metros cuadrados. La configuración permite que cada uno de los espacios se abra a diferentes espacios exteriores, y la privacidad queda asegurada mediante unas celosías verticales, igualmente prefabricadas y unos muros curvilíneos que delimitan un patio en la zona de sala y dormitorios. La cubierta es plana a excepción de un doble lucernario que ilumina el núcleo central, cocina y baños (figura 11).

El prototipo nunca llegó a producirse, y la única documentación disponible se basa en planos y una maqueta. En comparación con las casas *kubeflex* y *kvadraflex*, el sistema abierto y flexible no se refiere tanto a un sistema de crecimiento y agregación de módulos, sino a la utilización de unos elementos de cerramiento estandarizados e indagar en las posibilidades de ofrecer una arquitectura de calidad. Según Jacobsen, «en la construcción prefabricada tiene una importancia decisiva reducir al máximo el número de elementos distintos. Es ideal que sólo haya dos o tres elementos diferentes y entonces el trabajo del arquitecto sólo consiste en combinarlos adecuadamente… La creciente implantación de las nuevas técnicas de prefabricación es insatisfactoria estéticamente y creo que, en parte, se debe a que no se ha ofrecido la oportunidad de colaboración a los buenos arquitectos.» (Jacobsen 2008)

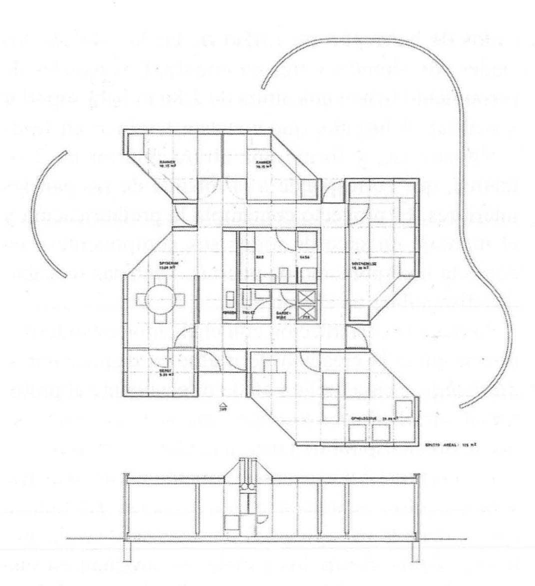


Figura 11
Arne Jacobsen. Casa «Molino», planta y sección, 1969 (Skriver 1969)

CONCLUSIÓN

La prefabricación aparece en la obra de Jacobsen como laboratorio de investigación donde pone en práctica sus inquietudes sobre los procesos seriales de fabricación y las aspiraciones por una arquitectura flexible. Esta paradójica hibridación entre prefabricación, industrialización, modulación, sistematización y estandarización es el objetivo compartido en un conjunto de casas unifamiliares desarrolladas durante un importante período de innovación técnica en la trayectoria del arquitecto. *Kubeflex*, *Kvadraflex* y *Møllethus* contribuyen al discurso sobre la prefabricación en la actualidad como prototipos vigentes y eficientes con posibilidades para su puesta en producción.

Las tres casas prefabricadas, diseñadas por Arne Jacobsen, así como otros edificios públicos o elementos de mobiliario, combinan eficientemente modernidad, arte e industria, y dan continuidad a una obra dedicada a la innovación y la colaboración productiva y creativa entre arquitectos, ingenieros y empresarios para la construcción de casas modulares prefabricadas, desde el rigor, la precisión de los detalles hasta la estandarización de los elementos y la construcción de un hábitat urbano.

En la actualidad, la prefabricación es aún un reto, a pesar de los avances formales, estructurales y técnicos que caracterizan a la industria, así como las importantes inversiones realizadas en un determinado período de desarrollo económico, que contrasta con una crisis que reclama unas viviendas asequibles resultado del trabajo de un equipo especializado y comprometido que pueda cambiar el devenir de la construcción. La aplicación de la tríada «reutilización, reciclaje y prefabricación», daría como resultado un producto de alta calidad y precio razonable, diseñado con estándares de eficiencia energética y cuya fabricación supone una contribución al equilibrio, entre arquitectura, industria y medio ambiente.

LISTA DE REFERENCIAS

Bakema, J. B. 1981. *Thoughts about architecture*. London: Academy Editions.

Jacobsen, A. 2008. «Contemporary Form and Design». *Nordic Architects write, a documentary anthology*. M. A. Andersen (ed.). Oxon: Routledge.

Jacobsen, A. 1998. «Kubeflex, 1969, memoria técnica resumida». *Arne Jacobsen*. F. Solaguren-Beascoa (ed.). Barcelona: Santa & Cole, Clásicos del Diseño.

Meyer-Bohe, W. 1969. *Prefabricación II, análisis de los sistemas*. Barcelona: Editorial Blume.

Skriver, P. E. 1969. «Feriehus af rumstore komponenter». *Arkitektur DK*, 3: 91-93.

Skriver, P. E. 1969. «Enfamiliehus af betonkomponenter». *Arkitektur DK*, 3: 94-95.

Skriver, P.E. 1970. Tilløb til en idé, Archibo-enfamiliehusudstillingen i Ishøj 10. Oktober 1970-30. April 1971. *Arkitekten*, 24: 579-581.

Skriver, P. E. 1972. «Kvadraflex typehuse». *Arkitektur DK*, 4: 154-155.

Solaguren-Beascoa, F. 2001. *Arne Jacobsen, aproximación a la obra completa, 1950-1971*. Barcelona: Arquithemas, Caja de Arquitectos.

Thau, C. y K. Vindum. 2001. *Arne Jacobsen*. Copenhagen: Arkitektens Forlag, Danish Architectural Press.

La estereotomía islámica: El Cairo

José Carlos Palacios Gonzalo

Desde la fortaleza de la Ciudadela, la ciudad del Cairo emerge entre la contaminación y el polvo del desierto en suspensión con un sin número de minaretes y cúpulas. El *skyline* del viejo Cairo es, sin lugar a dudas, uno de los más extraordinarios que ha producido ciudad alguna. Desde su fundación por los Omeyas en el año 641, pero particularmente a partir del califato Fatimí (siglos X-XII), la ciudad se fue llenando con un sinfín de extraordinarios minaretes y cúpulas que rivalizan entre sí por atrapar la atención del paseante. Esta actividad constructora alcanza su culminación entre los siglos XIII y XVI, la brillante era de los Mamelucos, en parte coincidente con el Renacimiento occidental. Aunque al principio comenzaron siendo obras de albañilería, a partir del siglo VIII empiezan a construirse de piedra, se trata de una cantería de gran talla que requiere para su construcción del soporte de una estereotomía que, ciertamente, no ha recibido la atención que merece.

Un enorme número de mezquitas, madrazas y hospitales compiten con los enormes mausoleos de la dos gigantescas necrópolis históricas del Cairo. Las extraordinarias cúpulas cairotas han sido objeto de estudios verdaderamente interesantes[1]. Desde los primeros investigaciones historiográficas hasta los más modernas aportaciones, algunas de ellas centradas en encontrar una explicación a la estabilidad de estas construcciones de esbeltez extraordinaria[2]. Sin embargo, en pocas de estas publicaciones se señala la notable estereotomía que se encuentra detrás de estas construcciones. El arte de la labra de la piedra requiere conocimientos geométricos que, aunque parten de una práctica profesional del taller apegada al oficio, llega a alcanzan niveles de complejidad y abstracción extraordinarios. En el Islam, la pasión por la geometría encuentra en el arte de la cantería un campo donde poderse desarrollar sin fronteras.

Las cúpulas cairotas pueden variar mucho su forma. El sistema parte de una planta cuadrada que se hace circular gracias unas pechinas de mocárabes en general de extraordinaria complejidad. Sobre ellas un esbelto tambor cilíndrico y, sobre él, la cúpula. A su vez, las cúpulas pueden adoptar formas diversas pero en general constan de tres partes. La parte inferior, formado por un peralte vertical, la parte central curvada, por regla general de perfil apuntado, es decir que su trazado se hace con sus centros desplazados del eje vertical y, por último, el remate superior que, al interior suele ser cupulado, mientras que por el exterior lleva un aplacado de piedras de cónico con objeto de lograr el característico perfil apuntado. El sistema en su conjunto es extraordinariamente esbelto; es decir, que la relación de la planta con la atura no tiene parangón posible con las estructuras similares occidentales. Otra de sus características más notables: La superficie de la cúpula más importante es la externa, sobre la cara exterior se concentra la mayor parte de la decoración, hacia el interior suelen ser lisas y oscuras.

Sabemos que, a partir del siglo VIII, muchas de estas cúpulas comienzan a construirse en piedra; son de una sola hoja, es decir que la misma piedra pasa

del interior al exterior[3]. Sus diámetros son muy variables, desde los 5m hasta las más grandes de unos 15m; en todas ellas, el espesor de la fábrica es extraordinariamente delgado, por regla general puede situarse en un 5% del diámetro de la cúpula. Dimensiones, de nuevo, fuera de los parámetros occidentales[4].

Con ser notables las características anteriormente expuestas, los retos que plantea la construcción en piedra de estas cúpulas son extraordinarios. Podríamos dividir esta estructuras en dos grupos completamente diferentes: en primer lugar, las cúpulas construidas por lechos planos y horizontales en los que las dovelas avanzan en voladizo hacia el interior y, en segundo lugar, las cúpulas construidas por lechos cónicos, es decir, perfectamente adoveladas. Dos sistemas constructivos diferentes, cada una de ellos con sus propias particularidades estereotómicas.

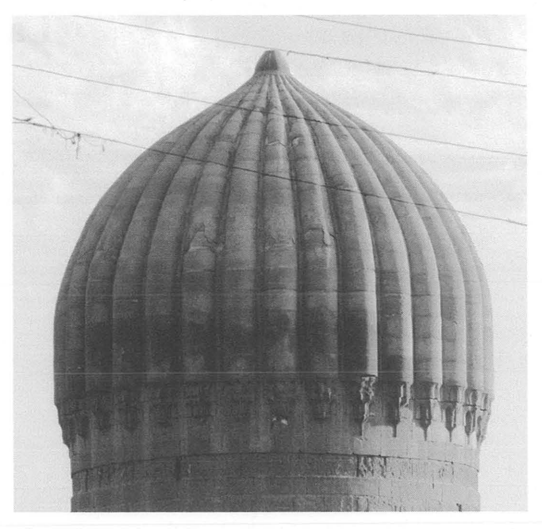


Figura 1
Cúpula sobre un mausoleo de la necrópolis Sur del Cairo adornada exteriormente con nervios semicilíndricos radiales, construida en piedra con sillares en voladizo de lechos horizontales (foto del autor 2013)

Las cúpulas de sillares horizontales

Comencemos por las primeras: lechos horizontales y dovelas volando hacia el interior. Aparentemente, la construcción por vuelos sucesivos, es un sistema primitivo propio de pueblos que no han descubierto la estructura del arco. Sin embargo, la sofisticación _ refinamiento de las cúpulas cairotas parecen contradecir esta primera impresión. La figura 1 es la cúpula de uno de los mausoleos de la gran necrópolis Sur del Cairo. Se trata de una cúpula con el perfil característico descrito más arriba. Por el exterior va decorada con una serie de gruesos y protuberantes nervios cilíndricos que, radialmente, cubren la superficie de la cúpula; un motivo decorativo que comienza, ya en época fatimí, a construirse en ladrillo y, a partir de siglo VIII, en piedra.

Gracias a los prominentes nervios se puede apreciar con claridad que sus lechos de esta cúpula son horizontales (figura 1); es decir, que su construcción se ha realizado mediante una serie de anillos de piedra en voladizo hacia el interior, por tanto, no podemos hablar propiamente de dovelas sino de sillares radiales dispuestos en planos horizontales. Además, en estas cúpulas los lechos no son todos iguales, cada uno de ellos es algo más bajo que el anterior; es decir, los sillares más altos son cada vez más estrechos. Este efecto, aunque aparentemente extraño, tiene una sencilla explicación: al dividir como es lo natural radialmente la sección del trasdós o del intradós de la cúpula en parte iguales, y trazar por estos puntos las líneas de los planos horizontales de los lechos, los sillares, forzosamente, deben ser cada vez más estrechos. Presentaremos a continuación dos métodos que pueden explicar cómo puede llevarse a cabo la talla de estos sillares. En primer lugar se abordará la talla a partir de las caras superior en inferior, y segundo lugar, la labra de sillares se llevará a cabo a partir de la cara de extradós.

La figura 2 muestra la talla por el primer método: es decir, mediante las plantillas de la cara superior e inferior de un sillar. Al observar la sección y la planta de la cúpula vemos cómo, de la sección, se puede extraer la forma del sillar, su altura (variable) y también los ángulos que forman sus caras entre sí. En la planta de la cúpula es relativamente fácil obtener las proyecciones horizontales del sillar: es decir, su cara superior y su cara inferior, para elaborar con ellas unas plantillas que nos permitan acometer su labra. Recordemos que estos dibujos debían ejecutarse a tamaño natural para obtener con precisión cada uno de estos datos. En la parte superior de la lámina vemos como se colocan las dos plantillas, inferior y supe-

rior, sobre un bloque de piedra; con la ayuda de éstas y de la escuadras de los ángulos, el sillar se puede éste tallar con total precisión. Todos los sillares de una hilada son iguales, los de la siguiente hilada serán similares si bien se deben tallar con sus correspondientes plantillas y, debido a la explicación del párrafo anterior, serán algo más estrechos.

En la figura 3 la talla del mismo sillar se aborda de otra manera: a partir de la plantilla de su cara exterior. En esta caso, con la sección y la planta de la cúpula se va desarrollar un gajo de ésta, un gajo que corresponda a la anchura de cada sillar; por así decir, un verdadero "uso horario" de la cúpula. La confección de esta extensión es sencilla, en primer lugar se reparte la sección de la cúpula en función de los lechos con los que se quiere construir, después, sobre una línea vertical, se van llevando las alturas de cada uno de los lechos, sean iguales, como es aquí el caso, o diferentes; a continuación, de la planta se van obteniendo las anchuras del gajo a ambos lados de la línea central, ahora, en la extensión se van llevando estas anchuras a cada lado del eje vertical. Al unir los extremos de estas líneas horizontales se obtiene el dibujo de la extensión completa de un gajo de la cúpula, incluido su peralte inferior cilíndrico. Sobre el dibujo de esta extensión se puede dibujar fácilmente los dos nervios en disminución, desde la base hasta la cúspide; es decir, que en este desarrollo obtenemos las plantillas de extradós de todas las dovelas con su correspondiente decoración. La planta y la sección dan información también sobre los ángulos que forman todas las caras del prisma contenedor de la dovela, obsérvense con atención las escuadras que marcan estos ángulos, en ocasiones con uno de sus brazos curvo, ya sea cóncavo o convexo.

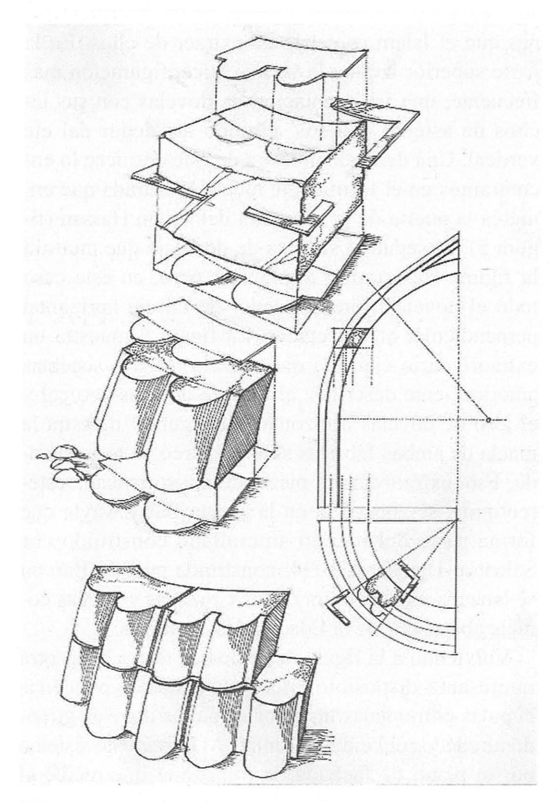


Figura 2
Corte de los sillares horizontales de una cúpula a partir de las plantillas inferior y superior (dibujo del autor 2013)

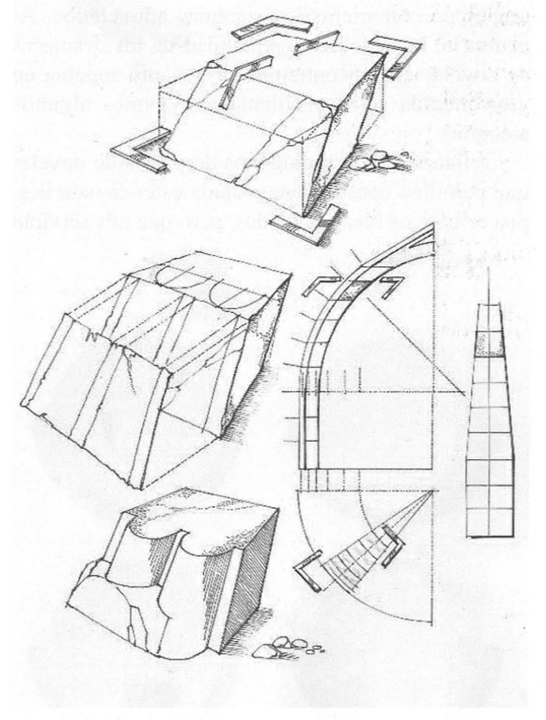


Figura 3
Talla de los sillares horizontales de una cúpula a partir de la plantilla de su cara de extradós. La obtención de esta plantilla requiere la extensión en plano de un gajo de la cúpula (dibujo del autor 2013)

En la misma lámina, en la parte superior, puede verse cómo con la ayuda de las escuadras angulares (*las saltarreglas*), es decir, los ángulos obtenidos de la planta y sección de la cúpula puede labrarse el prisma contenedor de la dovela. Más abajo, en la misma lámina, vemos cómo, con la plantilla de la cara de extradós puede procederse a la talla de la dovela con la forma exacta de los nervios radiales. El interés de este método radica en la idea de vincular la plantilla de la cara externa de la dovela con la parte de la decoración que corresponde a esa dovela. Más adelante volveremos sobre este interesante método que, en nuestra opinión, tuvo una influencia crucial en la construcción de las cúpulas mamelucas.

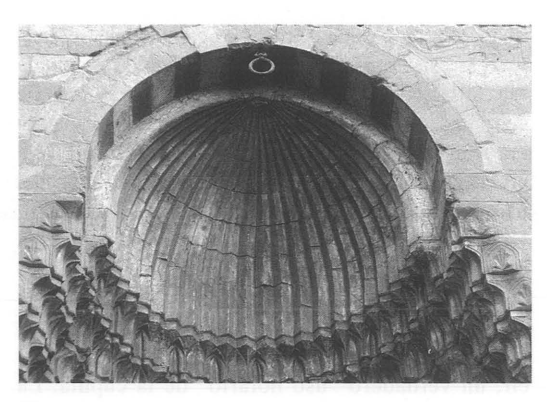


Figura 5
Pequeña cúpula aparejada por hiladas de dovelas girando alrededor del eje vertical. Fachada principal de la mezquita del sultán Hassan (foto del autor 2013)

Los sistemas adovelados en el Islam

El que muchas de las cúpulas cairotas estén construidas con sillares en voladizo no quiere decir que los árabes no conocieras los sistemas adovelados. Al contrario, la variedad y genialidad de los despieces de dovelas que encontramos en el Cairo superan en gran medida a los occidentales. Veamos algunos ejemplos.

La figura 4 muestra algunos despieces de dovelas que permiten construir una cúpula esférica, son despieces básicos bien conocidos, pero que nos servirán aquí para dar a conocer algunas de las interpretaciones que el Islam es capaz de extraer de ellos. En la parte superior izquierda vemos la configuración más frecuente, una fragmentación de dovelas con sus lechos de asiento cónicos, girando alrededor del eje vertical. Una delicada muestra de este despiece lo encontramos en el formidable nicho de entrada que enmarca la puerta de la mezquita del sultán Hassan (figura 5). El segundo sistema de dovelaje que muestra la figura 4 es similar al anterior pero, en este caso todo el dovelaje gira alrededor de un eje horizontal perpendicular al espectador. La figura 6 muestra un extraordinario ejemplo que mezcla los dos sistemas anteriormente descritos: el giro de dovelas vertical y el giro de dovelas horizontal. La figura 7 muestra la macla de ambas fábricas sobre un arco en torre cavada. Esta extraordinaria pieza, de tan sofisticada estereotomía, se encuentra en la puerta Bab Zwayla que forma parte del recinto amurallado construido por Salaat-al-Din hacia 1094, construida cuando Europa se lanzaba a la aventura de las Cruzadas y apenas comenzaba a salir de la Edad de las Tinieblas.

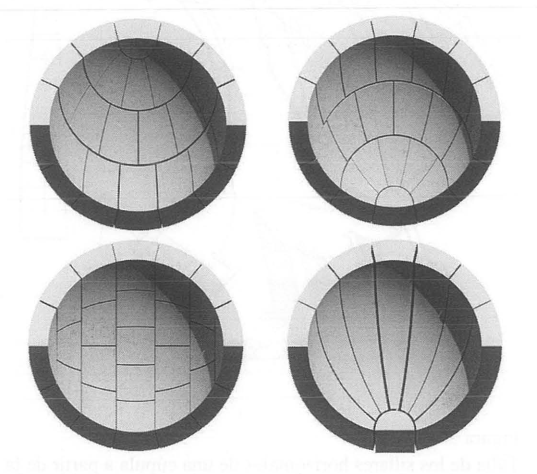


Figura 4
Cuatro ejemplos estereotómicos de fragmentación de la esfera en la estereotomía islámica (dibujo del autor 2013)

Volviendo a la figura 4, vemos en tercer lugar otra interesante disposición del dovelaje: dos pequeñas cúpulas enfrentadas una a otra con las dovelas girando alrededor del eje horizontal. Al cortar este sistema por el plano de fachada, la impresión que recibe el espectador es que el dovelaje forma bandas verticalmente y, justamente este efecto es el que se aprovecha para escribir el nombre de Alá en el nicho que



Figura 6
Macla de dos aparejos en la misma superficie esférica: dovelas girando alrededor del eje vertical y un segundo sistema de dovelas girando alrededor del eje horizontal. Bajo la cúpula un arco en torre cavada. Bab Zwaila. 1092 (foto del autor 2013)

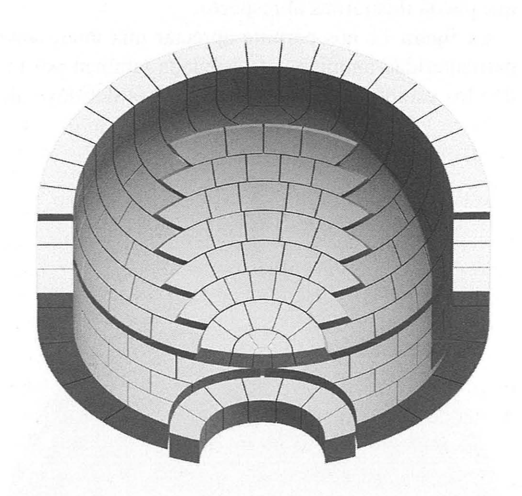


Figura 7
Reconstrucción en 3D del conjunto estereotómico descrito en la figura 6 (dibujo del autor 2013)

muestra la figura 8. Por último, el cuarto ejemplo que muestra la figura 4 es una fragmentación de la esfera mediante cortes radiales. La primera de las cuatro imágenes que contiene la figura 10 ilustra precisamente este ejemplo que, a su vez, puede llevarnos hacia nuevas e inesperados cortes de estereotomía.

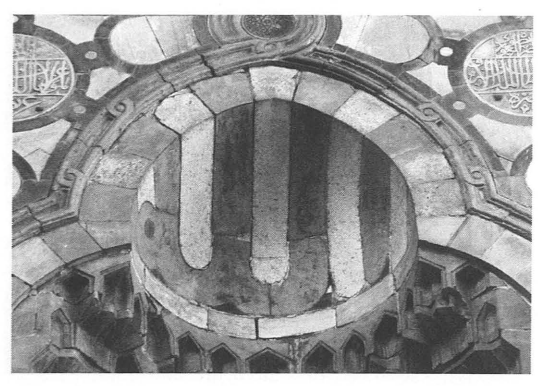


Figura 8
Nicho formado por dos aparejos de dovelas girando alrededor del eje horizontal enfrentados entre sí. Las franjas verticales permiten escribir el nombre de Alá (foto del autor 2013)

La figura 9 muestra en primer lugar el resultado de cortar en dos el anterior nicho esférico; en estereotomía, esta pieza resultante recibiría el nombre de trompa esférica en esquina. Si unimos ahora dos de estas trompas esféricas volvemos a reconstruir el cuarto de esfera con una atractiva estereotomía. El proceso puede llevarse más allá hasta formar nichos esféricos formados con tres y cuatro trompas. La figura 10 muestra algunas de estas ingeniosas disposi-

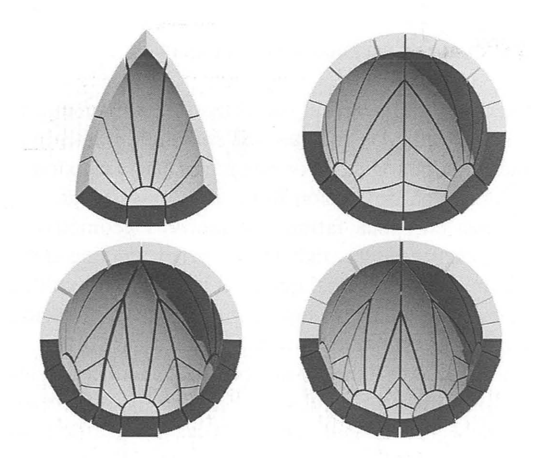


Figura 9
Colección de aparejos obtenido a partir de una trompa esférica de esquina resultante del aparejo de la esfera por gajos (dibujo del autor 2013)

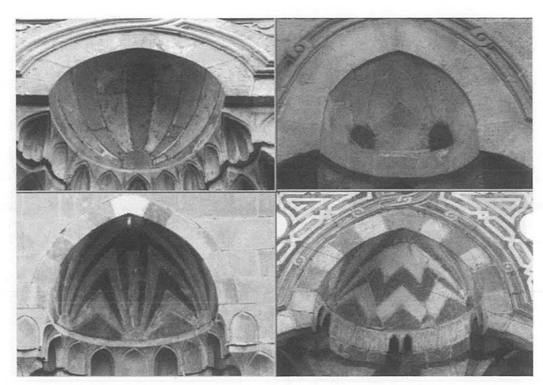


Figura 10
Nichos en las fachadas del Cairo con una, dos, tres y cuatro trompas esféricas ensambladas para recomponer una esfera (dibujo del autor 2013)

ciones que con frecuencia adornan las fachadas del Cairo.

Por tanto, se puede afirmar que el arte de construirá cúpulas adoveladas era perfectamente conocido en el Cairo islámico. Aunque las dos técnica que acabamos describir, sillares en voladizo o dovelas de lechos cónicos, parecen coexistir en el tiempo, podemos concluir con toda seguridad es que los maestro de cantería árabes llegaron a dominar con total lucidez el arte de construir sus cúpulas con auténticas dovelas.

Las cúpulas esféricas adoveladas

Como mencionamos al comienzo de esta comunicación, las cúpulas cairotas son más importantes por fuera que por dentro. Por esta razón, hacia el exterior exhiben una decoración formidable que, aunque comienza en época fatimí con motivos geométricos simples: nervaduras radiales y zigzags, durante el renacimiento de cultural que tuvo lugar con los califas mamelucos, terminan por cubrirse de una decoración de motivos geométricos o vegetales desbordante[5].

La figura 11 muestra una pequeña cúpula en el interior del complejo del sultán Barsbay en pleno centro del Cairo antiguo, construida hacia 1432. Se trata de una pequeña cúpula de moderadas dimensiones cubierta de una apretada decoración de lacería islámica. Los pequeños círculos tallados en la moldura inferior dividen la cúpula en 12 partes iguales, el mismo número de brazos que tiene la gran rueda de lazo que aparece en primer plano, de esta rueda sólo vemos la mitad. Hacia arriba hay otra rueda de doce puntas, esta vez completa, muy deformada por su adaptación al "uso horario". Entre las dos ruedas, se distinguen bien dos heptágonos cuyo eje horizontal es en realidad el eje de simetría de toda la lacería; es decir que, de abajo a arriba y de izquierda a derecha el dibujo es simétrico. El patrón decorativo ocupa dos módulos es decir 1/6 de la cúpula. Cómo pudieron ejecutarse estos dibujos sobre las superficies de estas cúpulas es un tema controvertido sobre el que aquí intentaremos aportar alguna luz. Se trata de determinar si la labra de estos formidable dibujos se llevó a cabo *in situ*, sobre la superficie lisa de la cúpula una vez terminada o, por el contrario, la labra de este dibujo se podía hacer en tierra; es decir, cada porción del dibujo directamente tallado en taller sobre la cara externa de la dovela que le correspondía. No contamos con ninguna información de la época que pueda ilustrarnos al respecto.

La figura 11 nos permite apreciar una interesante particularidad ampliamente señalada también por todos los estudiosos del tema: las juntas del dovelaje

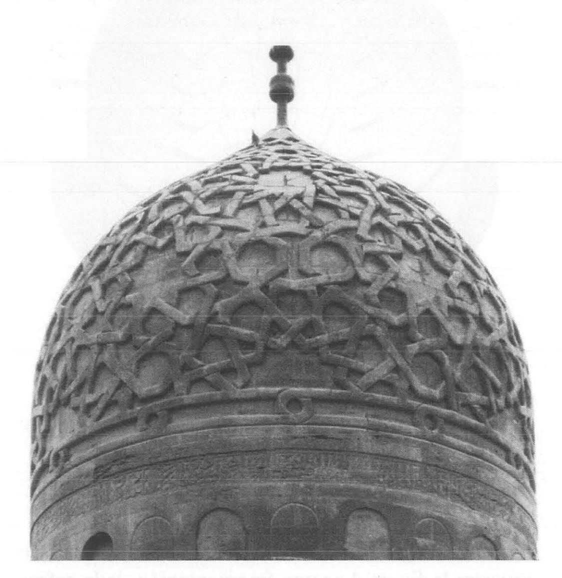


Figura 11
Pequeña cúpula dentro del complejo del sultán Barsbay adornada con un dibujo de laceria que parte de una rueda de 12 puntas. El dibujo y el despiece de dovelas están perfectamente coordinados (foto del autor 2013)

están perfectamente coordinadas con la decoración. En la mayoría de las cúpulas adoveladas se respetan las alturas de los lechos: todos iguales; sin embargo, las dovelas van variando de longitud para aprovechar toda la piedra y así abaratar mucho el coste de construcción. Aquí, sin embargo, esta posibilidad que ha sido excluida: las piedras deben ir coordinadas con el dibujo decorativo, por tanto, tiene sus medidas perfectamente definidas. A diferencia de la cúpula que se describió anteriormente, en ésta, todas las hiladas horizontales tiene la misma altura, por lo que probablemente se trate de una cúpula adovelada con sus lechos cónicos; además, hemos de señalar otra particularidad más, si consideramos que la cúpula comienza cuando comienzan sus molduras, en total, desde la base hasta donde empieza el remate cónicos contamos 12 hiladas. Otra vez el numero 12. Las tres primeras hiladas corresponden al peralte cilíndrico y nueve más a la cúpula propiamente dicha.

A la izquierda, la figura 12 muestra la planta y sección de una típica cúpula cairota que bien pudiera corresponder con la de la pequeña cúpula del complejo del sultán Barsbay que estamos estudiando. En la planta se ha dibujado 1/6 de la bóveda y, sobre ellas se ha marcado los círculos que corresponden a la fragmentación horizontal de la cúpula: tres lechos para el peralte y nueve más para la cúpula propiamente dicha; dentro de esta porción se puede inscribir todo el diseño decorativo anteriormente descrito[6].

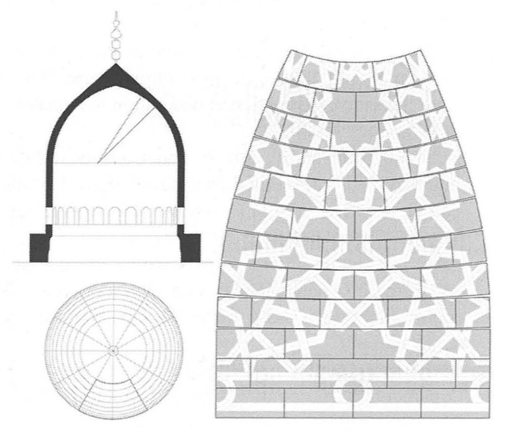


Figura 12
Planta y sección de una cúpula y, a partir de aquí, reconstrucción de la extensión de 1/6 de la cúpula con el despiece de dovelas y el dibujo decorativo (dibujo del autor 2013)

A la derecha, en la figura 12, puede verse una extensión horizontal de este sector de la cúpula con las curvaturas de todos sus lechos, los tres inferiores, rectos, corresponden a los tres lechos del peralte. Sobre esta extensión se ha ejecutado el módulo geométrico del dibujo: las dos ruedas de 12 brazos simétricas respecto al eje horizontal de los dos heptágonos centrales que, a su vez, se van combinando con dos ruedas de ocho brazos. Al adaptar este dibujo, perfectamente regular a la superficie del "huso horario" se va deformando hasta adquirir la forma que se muestra aquí.

Recordemos por la figura 3 que los maestros de cantería árabes sabían desde antiguo hacer desarrollos horizontales de sus cúpulas para abordar su talla por la cara de extradós, por tanto, es muy posible que fuera perfectamente capaces de llevar a cabo la extensión plana que acabamos de sugerir. Esta exten-

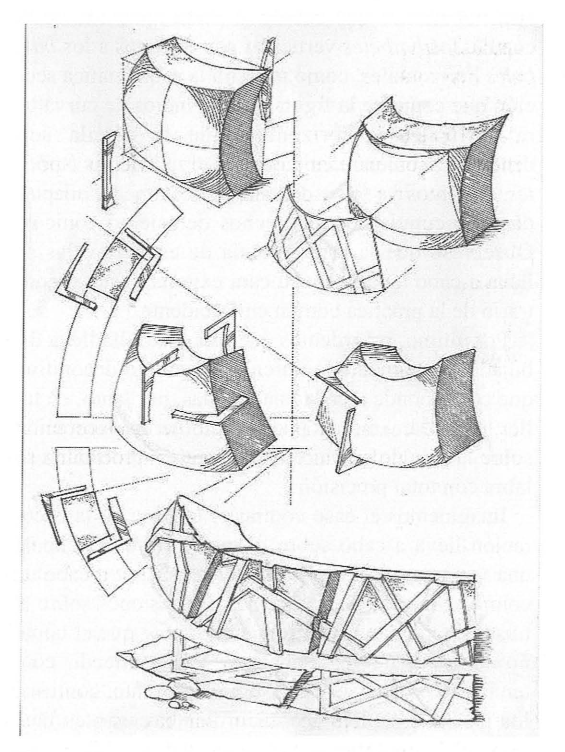


Figura 13
Proceso de talla de una dovela esférica mediante la plantilla de su cara de trasdós y los correspondientes baibeles. La decoración puede tallarse en taller a partir de las plantillas (dibujo del autor 2013)

sión plana contiene todo el diseño decorativo y sobre ella se puede realizar la fragmentación en dovelas más conveniente con total precisión.

Pasemos ahora al taller de cantería para intentar interpretar hacia donde nos conducen estos datos. En primer lugar, recordemos que las dovelas son pasantes, la misma pieza pasa del exterior al interior; por tanto, se trata de labrar una dovela esférica con vista por las dos caras. La sección de la cúpula permite conocer la convexidad exterior y la concavidad interior, a partir de ella, se podrían confeccionar unas plantillas de madera que nos permitieran labrar un bloque de piedra convexo y cóncavo al mismo tiempo (primer dibujo de la figura 13). A continuación, por su cara exterior, se calcaría el perímetro de una de las plantillas que podemos obtener de extensión de la bóveda (figura 12). Una vez dibujado el perímetro de la plantilla sobre la dovela se puede abordar la labra de ésta con la ayuda de *baibeles* cóncavos y convexos[7]. Obsérvese que debido al perfil apuntado de la cúpula, los *baibeles* verticales son distintos a los *baibeles* horizontales, como muestra la esquemática sección que contiene la figura 13 (los radios de curvatura verticales y horizontales de la cúpula son distintos). Teniendo cuidado con el uso de los *baibeles*, podemos ya tener dovelas perfectamente adaptadas a la cúpula con sus lechos de asiento cónicos. Obsérvese que la estereotomía de estas dovelas se lleva a cabo a partir de su cara externa, justo al contrario de la práctica común en Occidente.

Por último, recordemos que cada plantilla lleva dibujada exactamente la porción del dibujo decorativo que corresponde a cada una de ellas, por tanto, en taller, cómodamente, se puede redibujar la decoración sobre la cara de extradós de la dovela y proceder a su labra con total precisión.

Imaginemos el caso contrario: la labra de la decoración lleva a cabo sobre la superficie de la cúpula una vez terminada. Primero hay que llevar a cabo un complicado dibujo de enormes dimensiones sobre el trasdós, teniendo presente bien presente que el tamaño de la cúpula y el andamiaje van a impedir contemplarlo en toda su extensión y, por tanto, controlar los posibles errores. Posteriormente, como es fácil imaginar, la talla sobre la cúpula es de una extraordinaria dificultad y además, pequeños pero importantes detalles, como los cruces alternados de los nervios decorativos, son imposibles de controlar en un dibujo que sólo se puede contemplar parcialmente.

Conclusión

Gracias a la capacidad de llevar a cabo desarrollos geométricos de sus cúpulas en el plano horizontal, los arquitectos y maestros de cantería árabes, pudieron gestionar con total precisión el despiece de dovelas en coordinación con la decoración externa de sus cúpulas. Esta habilidad geométrica facilitó y finalmente hizo posible una labra en taller de tal precisión que permitió la construcción de algunas de las cúpulas más extraordinarias de la historia. Esperamos que las líneas que anteceden hayan permitido aportar algunas ideas que permitan aclarar tan controvertido e interesante asunto.

Notas

1. Dos de los estudios clásicos, relativamente recientes que llamaron la atención sobre el tema: Cresswell, K.A.C. 1959. The muslim architecture of Egipt. Oxford: Clarendon Press y C. Kessler, 1976. The Carved Masonry Domes of Mediaeval Cairo. Anteriormente, en el siglo XIX: Choisy, Auguste. 1899. *Histoire de l'Architecture.* 2 vols. París : Gauthier-Villars dedica un capítulo en su tomo segundo a la arquitectura musulmana y Prisse d'Avennes. 1869. L'art Arabe d'après les monuments du Kaire. Facsimil : L'Aventurine. Paris.2001.
2. Barbara Cipriani, John Ochsendorf. 2005. Construction techniques in medieval Cairo: The domes of mameluk mausolea. Proceddings Seminario Internazionale. Theory of practice of construction: knoledge, means, models. Ravenna. Italy.
3. Bouleau, C 2007. Bâtir une coupole de pierre de taille. La coupole du mausolée de l'emir Khayr Bek au Caire : dessin, construction et décoration », Annales Islamologiques 41, 209-28.
4. Barbara Cipriani and Wanda W. Lau. Construction Techniques in Medieval Cairo: the Domes of Mamluk Mausolea (1250 A.D.-1517A.D.) www.arct.cam.ac.uk/.../vol-1-695-716-cipriani.pdf
5. Sobre la cuestión de la geometría de las cúpulas cairotas: Bernard O'Kane. The design of Cairo's masonery domes. http://www.sas.upenn.edu/ancient/masons/OKane_Domes.pdf

Al respecto véase tambien: Wahby and Dina Montasser. The Ornamented Domes of Cairo: the Mamluk Mason's Challenge Ahmed www.sas.upenn.edu/.../Wahby-Montasser_Domes_o...

Ahmed Ali Elkhateeb. April 2012, Domes in the Islamic Architecture of Cairo City: A Mathematical Approach. Volume 14, Issue 1, pp 151-176.

Daud Sutton. 2007. Islamic design, a genius for geometry. Booden Books. UK.

6. Sobre la inserción de la decoración sobre las superficies esféricas usando desarrollos planos de la esfera véase: Vincenzo Minenna. 2012. Tesis doctoral: Il rapporto tra forma e strutturanello spirito reformista vandelviriano: lo apparato construtivo-morfologico nei Sistemi voltati complessi. Facultad de Arquitectura. Universidad Politécnica de Bari.
7. Sobre el uso del baibel y la talla de las dovelas de las cúpulas esféricas: Palacios Gonzalo, José Carlos. 1 Palacios Gonzalo, José Carlos. 1990. *Trazas y Cortes de Cantería en el Renacimiento Español.* Madrid: Ministerio de Cultura, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Reedic. 2003. Madrid: Editorial Munilla-Lería.

LISTA DE REFERENCIAS

Ahmed Ali Elkhateeb. 2012. *Domes in the Islamic Architecture of Cairo City: A Mathematical Approach*. Volume 14, Issue 1, pp 151-176.

Bouleau, C. 2007. *Bâtir une coupole de pierre de taille. La coupole du mausolée de l'emir Khayr Bek au Caire : dessin, construction et décoration.* Annales Islamologiques 41, 209-28.

Choisy, Auguste. 1899. *Histoire de l'Architecture.* 2 vols. Paris: Gauthier-Villars.

Cipriani, Barbara, 2005. *Development of construction techniques in the Mamluk domes of Cairo*. Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Architecture. http://hdl.handle.net/1721.1/33745

Cipriani, Barbara and Wanda W. *Lau. Construction Techniques in Medieval Cairo: the Domes of Mamluk Mausolea* (1250 A.D.-1517A.D.) www.arct.cam.ac.uk/.../vol-1-695-716-cipriani.pdf

Cipriani, Barbara and John Ochsendorf. 2005. «Construction techniques in medieval Cairo: The domes of mameluc mausolea». *Proceddings Seminario Internazionale. Theory of practice of construction: knoledge, means, models*. Ravenna.

Cresswell, K. A. C. 1959. *The muslim architecture of Egipt.* Oxford: Clarendon Press.

Kessler, C. 1976. *The Carved Masonry Domes of Mediaeval Cairo.*

Minenna, Vincenzo. 2012. Tesis doctoral: *Il rapporto tra forma e strutturanello spirito reformista vandelviriano: lo apparato construtivo-morfologico nei Sistemi voltati complessi*. Universita Politecnica di Bari, Italia. Facultad de Arquitectura. Universidad Politécnica de Bari. No publicada

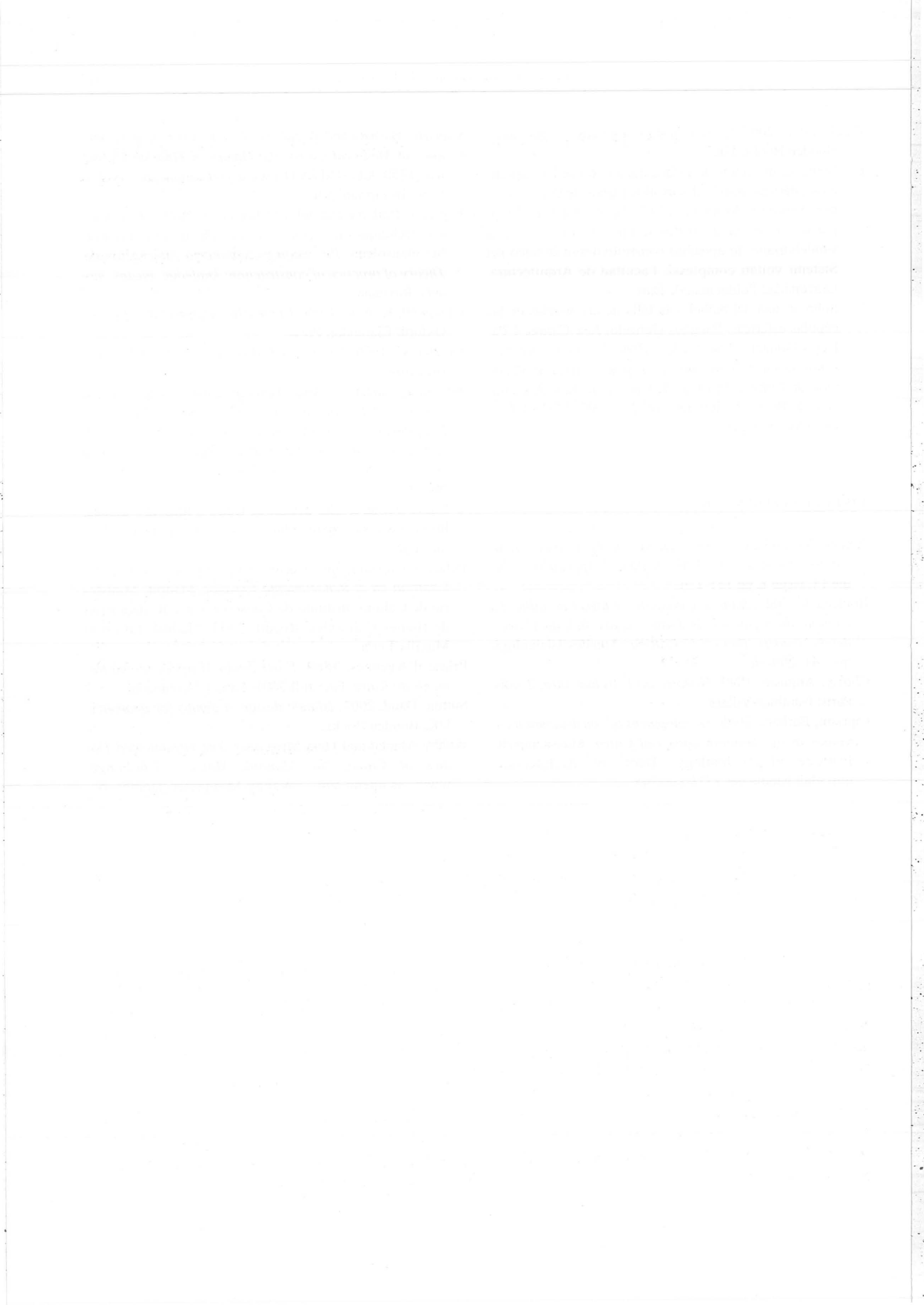
O'Kane, Bernard. The design of Cairo's masonry domes. http://www.sas.upenn.edu/ancient/masons/OKane_Domes.pdf

Palacios Gonzalo, José Carlos. 1990. *Trazas y Cortes de Cantería en el Renacimiento Español*. Madrid: Ministerio de Cultura, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Reedit. 2003. Madrid: Editorial Munilla-Lería.

Prisse d'Avennes. 1869. *L'art Arabe d'après les monuments du Kaire*. Facsimil 2001: Paris L'Aventurine.

Sutton, Daud. 2007. *Islamic design, a genius for geometry.* UK: Booden Books.

Wahby Ahmed and Dina Montasser. *The Ornamented Domes of Cairo: the Mamluk Mason's Challenge.* www.sas.upenn.edu/.../Wahby-Montasser_Domes_o...



La Catedral de Miranda do Douro. Análisis geométrico y constructivo

Juan Carlos del Peral Gochicoa
Álvaro José Castanho García

El proyecto de la Catedral de Miranda do Douro se inicia durante el reinado de don Joao III, en la segunda mitad del siglo XVI, con motivo de la creación del obispado de Miranda do Douro bajo Bula del Papa Pablo III de 22 de mayo de 1545 situando su iglesia matriz en el existente templo de estilo románico, consagrado a Santa María, e instando a su ampliación para convertirla en Catedral. Representa uno de los escasos ejemplos conservados de dicho periodo en territorio portugués, cuyo espacio interior abovedado por bóvedas de crucería esféricas cubren su planta de cruz latina, con sus tres naves a igual altura, creando un espacio de singular belleza.

En la presente comunicación se lleva a cabo un análisis exhaustivo del funcionamiento mecánico y constructivo del edificio, que se apoya en la planimetría y documentación existente en el archivo histórico SIPA, del Forte de Sacavem, y la toma de datos «in situ». Se considera pertinente esta investigación al poner de manifiesto que durante su proceso constructivo se resolvieron parte de las bóvedas de crucería con nervaduras en ladrillo revocándose para simular granito, material empleado en las nervaduras de las bóvedas del primer tramo, a los pies de la Catedral, debido quizás a la falta de medios económicos o quizás a la falta de maestros canteros. Concluiremos con la importancia documental del monumento y la necesidad de un conocimiento profundo antes de proceder a cualquier tipo de intervención en el mismo.

Contexto histórico

Miranda do Douro al inicio del siglo XVI era un punto estratégico en las líneas de defensa portuguesas ante los constantes conflictos bélicos con Castilla (figura 1). Este hecho, unido a las expectativas que se tenían en su expansión urbana y la dificultad del Arzobispado de Braga para controlar el territorio bajo su jurisprudencia, llevaron al Rey Don Joao III de Portugal (1502-1557) a solicitar la fundación de una nueva diócesis, al Papa Paulo III, en la villa de Miranda do Douro.

Al igual que en Miranda do Douro, se solicita la creación de nuevas diócesis en Leiria y Portalegre,

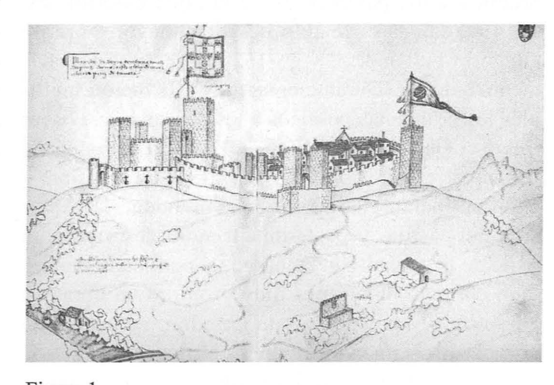


Figura 1
Cuidad de Miranda do Douro, (dibujo de Duarte D'Armas, livro das fortalezas 1509)

como consecuencia de la política de descentralización del poder en las diócesis de Braga, Coímbra y Guarda. En las sedes de los nuevos obispados, se insta a la construcción de nuevos templos. La importancia de este conjunto de Catedrales, iniciadas en el reinado de don Joao III, radica en la introducción de un lenguaje tardo-manierista en la arquitectura religiosa portuguesa, abandonado el estilo Gótico. En 1545 se crea el Obispado de Miranda do Douro, situando su sede en la iglesia matriz de la ciudad, de estilo Románico dedicada al culto de Santa María, instando la corona a su ampliación. Para hacer frente a los encargos del nuevo edificio el Rey Portugués decreta la unión, a la nueva diócesis, del rico monasterio de Castro de Avelas.

La primera referencia al proyecto de la nueva Catedral, data de 1547, en la que se decide la demolición de la iglesia románica, y la construcción del nuevo templo en el mismo solar. La documentación existente señala a Gonçalo de Torralva[1] como primer responsable por el trazado de la nueva Catedral. La primera piedra se coloca en 1552, atribuyendo, la mayoría de historiadores, la autoría del proyecto construido a Miguel de Arruda, Arquitecto Real y uno de los introductores del lenguaje renacentista en Portugal. En la construcción de la Catedral, que se prolonga hasta la primera década del siglo XVII, intervienen varios Maestros, los más destacados son Piero de la Faya (1552-1560) y Francisco Velásquez (1560-1576).

En 1609, el Obispo en funciones, Don Diogo de Sousa, envía una misiva al Papa Paulo V informando que el templo estaría concluido, faltando ejecutar los retablos y los pavimentos de la zona exterior. En 1614 se coloca el retablo del altar mayor, obra de Gregorio Fernández[2], y en 1620 se termina el pavimento exterior. Durante el siglo XVIII fueron múltiples los problemas políticos a los que tuvo que hacer frente el Obispado de Miranda. En 1710 fue ocupada por tropas españolas, durante la guerra de sucesión; y en 1762, durante la guerra del Mirandum, la explosión del castillo y posterior incendio destruye gran parte de la ciudad. Sin embargo, el periodo comprendido entre 1736-1760 es muy prolifero en obras de ampliación y mejorías en la Catedral, ejerciendo la corona directamente el papel de mecenas. Ante la destrucción de la ciudad, provocada por el incendio de 1762 y la posterior ocupación por las tropas españolas (figura 2), el Obispo abandona Miranda do

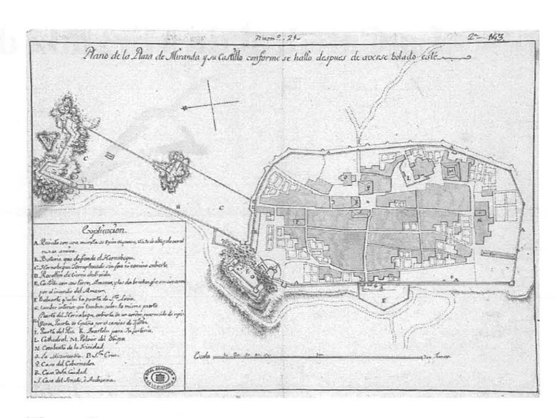


Figura 2
Mapa de la Ciudad de Miranda do Douro (archivo de la Real Academia de la Historia 1772)

Douro y fija su residencia en la ciudad vecina de Braganza, solicitando al Papa el traslado del Obispado. En 1780, ante la constante amenaza de conflictos militares y el escaso desarrollo de la ciudad desde la fundación de la diócesis, se toma la decisión de trasladar definitivamente el Obispado de Miranda do Douro a Braganza, perdiendo la Catedral su función de sede.

El edificio

La Catedral de Miranda do Douro, situada dentro del recinto amurallado, en el punto más alto de la ciudad, es el principal hito urbano y paisajístico a nivel territorial; su influencia en la arquitectura religiosa del Nordeste de Portugal, entre los siglos XVI y XIX resulta notoria.

Su espacio se organiza según planta en cruz latina, con cuerpo central de tres naves abovedadas por bóvedas de crucería esféricas soportadas por pilares cruciformes, y transepto conformado por cinco bóvedas. Tanto en el cuerpo central como en el transepto el arranque de las bóvedas se hace a la misma altura, constituyendo uno de los pocos ejemplos de iglesia de planta de Salón que se conservan en la región (figura 3).

La fachada principal, ejecutada con sillares de granito, orientada a noreste, está formada por un volumen principal encuadrado entre torres, que se presenta en un único plano. En el volumen central se



Figura 3
Interior de la Catedral de Miranda do Douro (foto de los autores 2013)

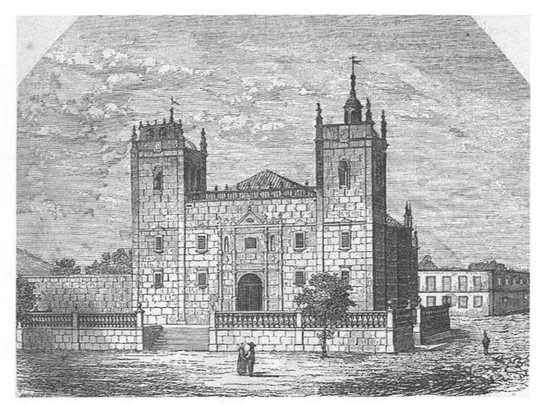


Figura 4
Catedral de Miranda Do Douro, (dibujo de Freire Pimentel, archivo SIPA 00818613, ca. 1850)

inscribe el pórtico principal de acceso a la Catedral, de estilo renacentista, y dos niveles de ventanas con molduras rectas. Superiormente se remata por una balaustrada, lo que confiere al conjunto un carácter marcadamente horizontal. Las torres laterales, acentúan la verticalidad del edificio y remiten a la imagen medieval de catedral, son de planta cuadrada y se encuentran destacadas del cuerpo de naves y alineadas con la fachada principal. Entre 1552 y 1634 se construye el trazado concebido por Miguel de Arruda. Esta fase de la construcción se caracteriza por la influencia de los tratados arquitectónicos del Renacimiento, tanto en los elementos formales como en los decorativos, y su simplificación y adaptación a las influencias locales.

Entre 1736 y 1760 se lleva a cabo, derivado de los complejos rituales litúrgicos en siglo XVIII, la ampliación de la capilla del altar mayor, la construcción de la capilla de San José y de una nueva sacristía para albergar el órgano. Estas obras se ejecutan siguiendo un lenguaje clásico, en consonancia con el resto del conjunto, siendo perceptible la influencia del estilo Barroco en los elementos decorativos del interior. La extinción de la diócesis en 1780 se traduce en un progresivo deterioro del complejo catedralicio, a lo largo del siglo XIX (figura 4). La catalogación de la Catedral como Monumento Nacional motiva, en los años cuarenta del siglo XX, una intervención en lo que restaba del conjunto. Bajo la dirección del Arquitecto Baltazar de Castro, se procede al traslado del cementerio. A la demolición del muro que unía la Catedral con la muralla, de la sacristía construida en el siglo XVIII y de las ruinas del palacio episcopal, fomentando la visión del edificio como un elemento aislado de la trama urbana.

Análisis geométrico y constructivo

La documentación gráfica sobre la catedral es bastante escasa. Los planos originales del proyecto no se conservan. Se toma como referencia, para la toma de datos la escasa planimetría, de mediados del siglo XX, conservada en el archivo SIPA. Con el fin del análisis de los sistemas constructivos y de la geometría de la Catedral de Miranda do Douro se realizó la toma de datos mediante métodos directos, para la toma general de los datos del edificio; e indirectos para los elementos singulares de gran complejidad formal[3].

Como técnica de medición directa se utiliza el método de la trilateración, dividiendo la planta de referencia en un conjunto de triángulos, formando cuadriláteros, en los que cada vértice se entiende como una estación de control. Para la toma de datos, en planta, se genera un plano horizontal con la ayuda de un nivel laser (Leica rugby 100) y mediante distanciometro laser (Leica Disto D210) las longitudes de los lados de los cuadriláteros (figura 5). Para el levantamiento en sección se definen recorridos sobre el plano horizontal, generado con el nivel laser, y se miden, con el distanciometro laser, las distancias al techo abovedado y al pavimento del suelo.

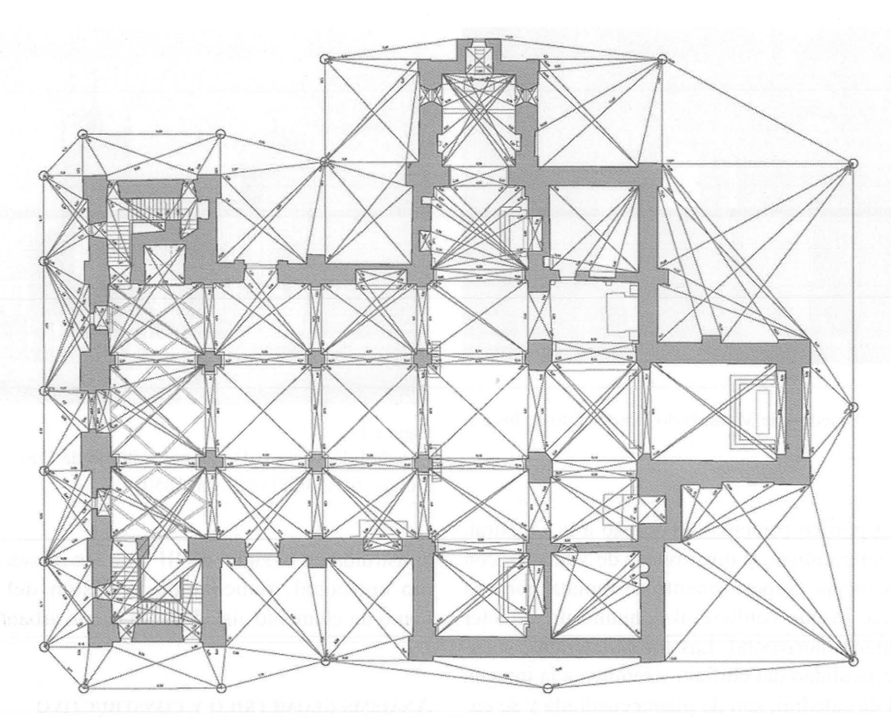


Figura 5
Planimetría, levantamiento efectuado con el método de la trilateracíon (dibujo de los autores 2013)

Como método indirecto se plantea la generación de modelos fotogramétrico a partir de fotografías digitales, utilizando unas 40 fotografías de media en la generación de cada modelo tridimensional fotogramétrico. La toma de datos fotográfica se llevó a cabo con una cámara fotográfica digital Nikon D5100. Mediante el programa informático Photomodeler Scanner 2012 se realiza el levantamiento fotogramétrico, que posteriormente exportamos al programa Meshlab, para generar un mallado de mayor calidad y exportar el resultado al programa Allplan 2013. Este programa nos permite seccionar el modelo por cualquier punto, obteniendo las curvaturas y detalles de cada elemento; permitiendo obtener su geometría tridimensional real.

Bóvedas

Las bóvedas de la catedral de Miranda do Douro se dividen en dos grupos: Bóvedas de crucerías, ejecutadas en el siglo XVI y las bóvedas de cañón, ejecutadas en el siglo XVIII. En las bóvedas de crucería se observa el uso de la proporción basada en rectángulos[4], identificándose seis trazados distintos. Cada trazado se organiza con la ayuda de una trama ortogonal, como elemento regulador, que permiten localizar las claves de la bóveda. El trazado de las monteas se realiza en base a los datos obtenidos del levantamiento (figura 6). En cada una de las bóvedas se comparan las curvaturas de los distintos nervios y se concluye que en todos los casos los centros de curvatura coinciden en un mismo plano horizontal, quedando definida la altura de imposta.

Sobre la línea de imposta, y con apoyo del trazado que se elaboró previamente, se van colocando las curvaturas obtenidas del levantamiento. La coincidencia de todos los puntos permite comprobar la correcta toma de datos (figura 7). Concluyéndose que todas las bóvedas estudiadas, en la Catedral, obedecen a modelos esféricos, típicos de época renacentista.

A excepción del tramo del coro alto, en que las nervaduras de las bóvedas son enteramente de granito, las restantes bóvedas presentan enjarjes de granito

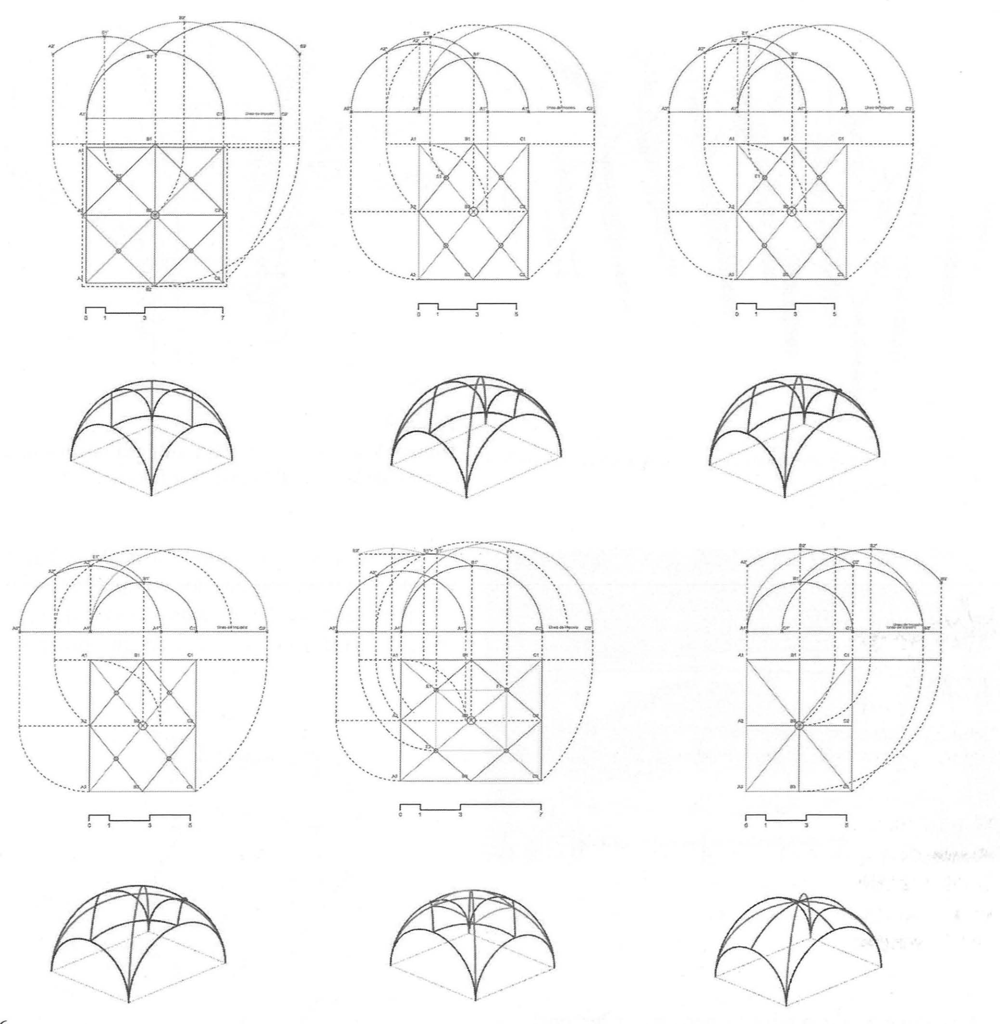


Figura 6
Monteas de las bóvedas de crucería de la Catedral de Miranda Do Douro (dibujo de los autores 2013)

pero los nervios se ejecutaron con ladrillo, según se descubre de la documentación fotográfica, conservada en el archivo SIPA, correspondiente a la intervención realizada en 1988 (figura 8).

En la documentación del archivo de la Catedral existe constancia de que las bóvedas se encalan por primera vez en 1634, tras haber sido terminadas. Tal y como expusimos anteriormente la Catedral había sido finalizada en 1609, según comunicado del Obispo Don Diogo de Sousa a su santidad el Papa. Es de suponer que en ese momento únicamente se habían concluido las bóvedas del primer tramo, que eran necesarias estructuralmente, ejecutadas con nervios en granito, aunque la Catedral habría sido cubierta con estructura de madera y tejas, quedando el resto de bóvedas paralizadas a la altura de los enjarjes. Será por tanto veinticinco años después cuando se completen el resto de las bóvedas, lo cual justificaría el uso del ladrillo en las nervaduras, seguramente por falta de canteros especializados que pudieran hacer un replanteo preciso, ya que el trabajo en piedra está más condicionado que el de ladrillo (figura 9).



Figura 7
Levantamiento tridimensional del espacio abovedado (dibujo de los autores 2013)

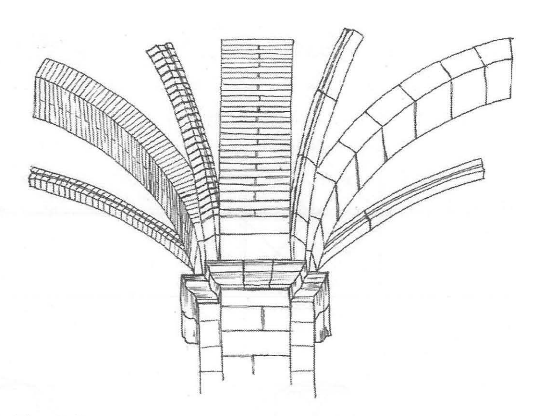


Figura 9
Dibujo de enjarje en el que confluyen nervios de piedra y nervios de ladrillo (dibujo de los autores 2013)



Figura 8
Intervención en las bóvedas de crucería (archivo SIPA 00045856 1988)

Las dovelas de piedra tienen que estar perfectamente labradas antes de su colocación en obra, en cambio la utilización del ladrillo, debido a su menor tamaño, permite su adaptación a la forma deseada directamente en su colocación, gracias al gran número de juntas. La plementería en todos los elementos abovedados se ejecuta con ladrillo, cocido en horno de hormiguero, dispuesto a la «francesa».

PILARES

Los pilares centrales, de planta cruciforme, presentan unas dimensiones aproximadas de 1.60 x 1.60 x 11m, seguramente constituidos por una corona de sillares de granito que configuran el aspecto exterior de los mismos y un núcleo interior compuesto por materiales de relleno, probablemente un vertido cal y canto (figura 10). La inexistencia de una prospección le-

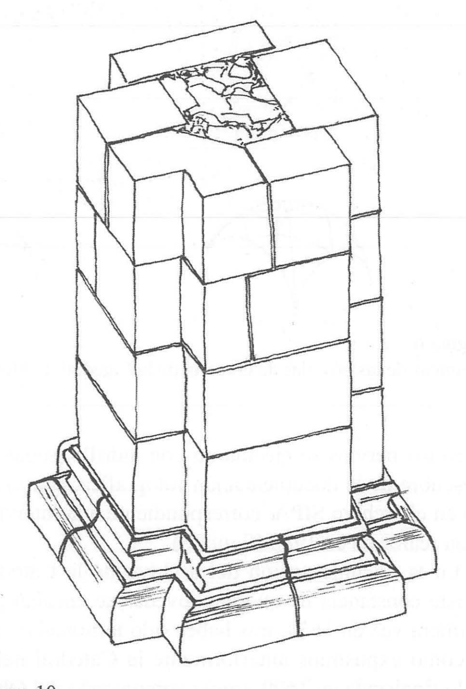


Figura 10
Dibujo constructivo del pilar central (dibujo de los autores 2013)

vanta grandes dudas sobre la composición y dosificación de los morteros empleados en los rellenos interiores, suponemos que sean de cal, al igual que los encontrados en los muros del edificio.

Muros

En la Catedral de Miranda do Douro encontramos muros de distintas fases de construcción, del siglo XVI y de las ampliaciones del siglo XVIII, identificando dos tipologías distintas:

Tipología A: Muro con un espesor variable, 1.20-1.35m aproximadamente, con función portante, constituido por dos hojas con relleno interior. Tanto la hoja exterior como la hoja interior se ejecutan con mampostería concertada con mortero de cal, cubierta por un enlucido tanto al exterior como al interior (figura 11).

Tipología B: Muro con un espesor variable, 1.30-1.40m aproximadamente, con función portante constituido por dos hojas con relleno interior. La hoja exterior se ejecuta con sillares de granito, de longitudes variables, colocadas en hiladas de entre 30 cm y 35 cm de altura, y hoja interior ejecutada en mampostería concertada con mortero de cal, cubierta por un enlucido (figura 12).

La identificación de las tipologías ha sido posible gracias a la información fotográfica del Archivo SIPA Forte de Sacavem, ya que en la toma de datos llevada a cabo no ha sido posible la ejecución de catas. La tipología A es la que mayor presencia tiene en el edificio, quedando restringida la utilización de tipología B en las zonas de mayor importancia como la fachada principal, las torres y el remate de la capilla del Altar mayor.

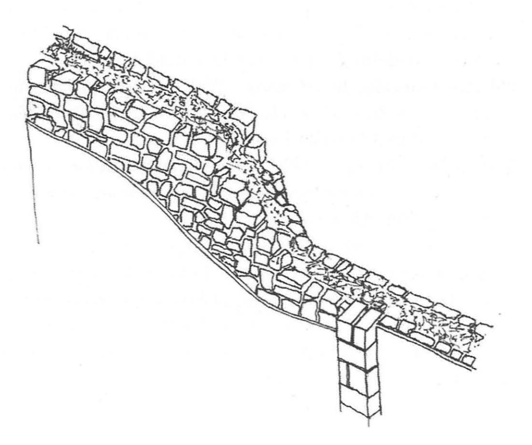


Figura 11
Dibujo constructivo de la tipología de muro A (dibujo de los autores 2013)

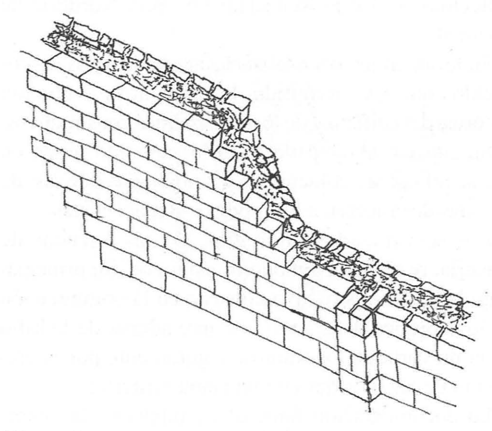


Figura 12
Dibujo constructivo de la tipología de muro B (dibujo de los autores 2013)

Estructura de cubierta

No ha sido posible documentar el estado actual del sistema estructural utilizado en la cubierta. Las obras llevadas a cabo en los años ochenta del siglo XX imposibilitan el acceso al espacio entre el trasdós del espacio abovedado y la cubierta de teja; no dejando ningún tipo de acceso ni ventilación. La documentación fotográfica existente de la intervención de mediados del siglo XX (figura 13), permite comprobar que la estructura preexistente era de madera y fue necesaria su consolidación debido a su hundimiento. La falta de manutención de la cubierta, permitiendo el crecimiento de vegetación y atascos en las bajantes de pluviales, ha causado en los últimos años problemas por infiltración de agua que urge resolver.

Conclusiones

La Catedral de Miranda do Douro es uno de los escasos ejemplos de arquitectura religiosa de modelos ar-

quitectónicos Tardo-Renacentistas en el Nordeste de Portugal.

Su levantamiento y análisis ha aportado datos desconocidos que han permitido documentar la evolución histórica del edificio y de los sus sistemas constructivos.

Su espacio abovedado es un documento único en que se refleja la evolución de las tipologías góticas, de bóvedas de crucería, a los modelos Renacentistas.

Los seis trazados diferentes, de sus bóvedas de crucería, responden a modelos esféricos. Su principal singularidad constructiva consiste en la combinación de los enjarjes de granito con nervaduras de ladrillo en la mayoría de los tramos, seguramente por la ejecución de las bóvedas en una etapa posterior.

La documentación fotográfica, relativa a las intervenciones del siglo XX conservada en el archivo SIPA del Forte de Sacavem, ha sido una herramienta fundamental a la hora de acometer el presente estudio.

A través del estudio directo del edificio y de la documentación existente ha sido posible llegar a una verdadera auscultación del funcionamiento de los sistemas constructivos, que en todos los casos se llevó a cabo mediante levantamientos tridimensionales.

Para terminar, nos gustaría resaltar la importancia de la documentación y conservación del Patrimonio Histórico como parte fundamental de la memoria e identidad de un País.

Notas

1. La correspondencia del Obispo Don Turíbio Lopes con el Rey, del año1547, relata el alto grado de definición que comportaba el proyecto presentado por Gonçalo de Torralva, llegando incluso a hacerse el replante sobre el terreno. Sin embargo, por motivos desconocidos, Torralva abandona la dirección del proyecto entre 1547-1548, siendo sustituido por el maestro de obras Jorge Gómez (Antonio Mourinho 1994).
2. Se considera uno de los retablos conservados más importantes de la obra de Gregorio Fernández. Se ejecuta entre los años 1610 y 1614 siendo la policromía de la autoría del pintor Jerónimo de Calabria. (Antonio Mourinho 1994)
3. Las técnicas de levantamiento se dividen en dos grupos: técnicas directas, aquellas en que la selección de datos se hace «in situ»; y técnicas indirectas, aquellas que capturan datos masivamente y de forma indiferenciada para posterior análisis. (Antonio Almagro 2004).
4. Las bóvedas de crucería góticas se desarrollan bajo dos sistemas reguladores: «Ad triangulum» basado en el triángulo y «Ad cuadratum» basado en el rectángulo. En España, al menos en las plantas, solo se ha detectado el uso de la proporción basada en rectángulos. Otra herramienta de diseño interesante es la modulación, basada en el conocimiento de la Antigüedad sobre los números armónicos. Las más utilizadas en nuestro país corresponden al manuscrito de Simón García. (José Carlos Palacios 2009).

Lista de Referencias

Almagro Gorbea, Antonio. 2004. *Levantamiento arquitectónico*. Granada: Universidad de Granada.

Alves, Francisco Manuel. 1911. *Memorias arqueológico: históricas do distrito de Bragança*. Porto: Tipografía a Vapor da Empreza Guedes.

Almeida, Fortunato. 1968. *História da igreja em Portugal*. Porto: Livraria Civilização Editora

Azevedo, José. 1993. *Portugal monumental: inventário ilustrado*. Algés: Edições Novas Gestam.

Barrera, José Antonio. 2006. *Aplicación de tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del Patrimonio Arquitectónico y Arqueológico*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Capitel, Antón. 1988. *Metamorfosis de monumentos y teorías de la restauración*. Madrid: Alianza Editores.

Mourinho, Antonio. 1994. *La arquitectura religiosa en la antigua Diócesis de Miranda do Douro de 1545-1800*.Valladolid: Universidad de Valladolid.

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2009. *La Cantería Medieval. La construcción de la bóveda gótica española*. Madrid: Editorial Munilla-Lería.

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal ediciones.

Viterbo, Sousa. 1988. *Diccionario histórico e documental dos Architectos, Engenheiros e Constructores Portuguezes ou ao serviço de Portugal*. Lisboa: Imprensa Nacional.

Willis, Robert. 1842. *On the Construction of the Vaults of the Middle Ages*. London: The Royal Institute of British Architects.

El agua inglesa. Abastecimiento a la ciudad de Cartagena entre los siglos XIX y XX

Francisco Javier Pérez de la Cruz
Juan Tomás García Bermejo

La ciudad de Cartagena a lo largo de toda su historia ha tenido que hacer frente a los problemas derivados de la falta de agua disponible en su territorio para satisfacer las necesidades de la población. Desde sus primeros pobladores hasta nuestros días, han sido muchos los intentos de paliar este problema mediante la búsqueda de recursos hídricos. La inexistencia de cursos de aguas permanentes y la mala calidad y escasez de las obtenidas del subsuelo han sido, en muchas ocasiones, un obstáculo para el desarrollo de la ciudad y un reto sólo superado a mediados del siglo XX con la traída de aguas del río Taibilla.

Climatología y recursos existentes

La costa de Cartagena se caracteriza por un clima semiárido, con escasas precipitaciones (difícilmente se superan los 300 mm al año) y una elevada insolación (entre 2.500 y 3.000 horas al año) lo que la convierte «en la región más seca de España y una de las más secas de Europa» (Arnaud 1925).

Ya en el año 1929 José Mediavilla, Teniente de Alcalde de la ciudad, comentaba: «el agua es, simplemente, un producto del cielo y el suelo, en sus profundidades o en superficie, sólo es un recipiente ocasional para este líquido elemento. Si el agua nos ha de venir del cielo y en Cartagena del cielo no nos cae, es natural que no existan manantiales permanentes de abundante caudal, ni en Cartagena ni en sus cercanías».

Además, la composición de los suelos ocasiona que los posibles manantiales existentes sean escasos en cantidad y pobres en calidad, como ya establecieron Vidal y Mallada (1914) en su Memoria sobre la traída de aguas potables a Cartagena.

Antecedentes al siglo XIX

La ciudad de Cartagena fue fundada como Qart Hadasht por los fenicios en el año 227 a.C. aprovechando la existencia de un puerto natural y como principal base de operaciones de Cartago en Iberia y fuente de abastecimiento de plata para el sostenimiento del ejército en la Segunda Guerra Púnica (Blázquez 1969). Estos primeros pobladores cubrían sus necesidades de agua mediante la excavación y construcción de pozos y cisternas dentro de la ciudad, donde almacenaban el agua de lluvia.

Con el dominio romano a mediados del siglo I a.C. y como consecuencia del aumento demográfico, las necesidades de tan escaso recurso aumentaron, lo que se pretendió solucionar con la construcción de un acueducto que transportaba agua desde el *caput aquae* situado en el paraje de Fuente Cubas (figura 1), manantial situado 2 km al norte de la ciudad, hasta el *castellum aquae*[1] que habría estado situado en el cerro del Molinete. La existencia de dicha infraestructura hidráulica se evidencia, además de los testimonios encontrados en las obras de restauración del museo del teatro romano y los restos encontrados en

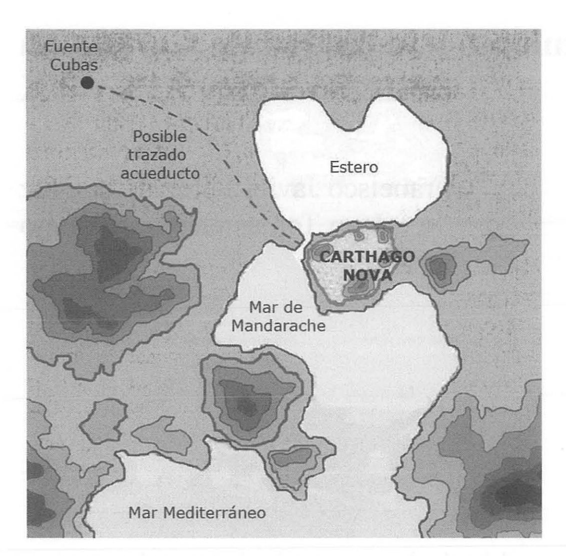


Figura 1
Situación de Fuente Cubas y del acueducto en la ciudad romana de Carthago Nova (adaptado de Abadía Doñaque 2009)

dicho cerro, por la aparición de manera alineada, durante obras de un aparcamiento en la Alameda de San Antón, de lo que se suponen eran las bases de cimentación.

Sin embargo, pese a disponer de las aguas procedentes de Fuente Cubas, los romanos siguieron construyendo cisternas en la urbe, ejecutadas a base de *opus caementicium* e impermeabilizadas con *opus signinum*, hecho este que podría haber estado motivado por un suministro que seguía siendo escaso, o por una baja calidad de agua como consecuencia de la alta salinidad que, aunque permitía su uso para otras necesidades, no era apta para el consumo humano. Con el descenso demográfico que se produce en la Edad Media, el suministro de agua para consumo queda reducido de nuevo al aportado por pozos y aljibes alimentados por el agua de la lluvia.

No es hasta mediados del siglo XVI cuando la escasez de agua vuelve a ser tema de preocupación para las autoridades que intentan buscar soluciones, no sólo para dar de beber al pueblo, sino para regar los campos y abastecer su puerto, poniéndolo así de manifiesto un escrito del Rey Felipe II dirigido al Concejo de la ciudad en 1564 en el que se explica como por falta de agua las galeras han dejado de invernar en este puerto.

Son muchos los informes o memoriales que se realizan entre los siglos XVI y XVIII haciendo referencia a los diferentes proyectos e intentos para traer agua al sureste murciano (Lorca y Cartagena) desde los ríos Castril y Guardal situados al norte de Granada, pero todos los intentos fracasaron, incluido el respaldado por el Rey Felipe V en 1742. Sin embargo, la población seguía creciendo, hecho éste motivado por la construcción del Arsenal Militar, y el problema de la

Compañía	Fecha	Captación	Final en...
Aguas del Aguilar	1879	Santa Lucía	Muelle de Rolandi
Aguas del Cabezo Ventura		Cabezo Ventura	Puertas de San José
Aguas de Santa Bárbara	1887 1897	Los Puertos	Puertas de Madrid
Aguas de los Cartageneros	1883-1890	Galifa	Canteras
Aguas del Molino Aguas de Minas y Cañadas	1801-1834	Barrio de la Atalaya	Barrio de S. Antón / Alameda de S. Antón
Agua Inglesa	1889-1945	Perín	Monte Sacro

Tabla 1
Datos de las principales compañías que abastecían de agua a la ciudad de Cartagena a finales del siglo XIX (Vidal y Mallada 1914)

escasez de agua se iba haciendo cada vez más asfixiante pues, a la vez que la población crecía, los caudales que aportaban los manantiales eran menores.

A mitad del siglo XVIII se acometen obras para construir nuevas fuentes públicas y mejorar las existentes, intentando aprovechar los pequeños caudales que emanan de los manantiales cercanos, pero esto no solucionó el problema de abastecimiento, pues el agua obtenida poseía un alto contenido salino, siendo todavía los pozos y aljibes los elementos decisivos en el abastecimiento de la población.

Compañías de aguas en el siglo XIX

Ante la incapacidad de las administraciones públicas de solventar el problema, será la iniciativa privada la que intente sacar provecho de la situación. A partir del último cuarto del siglo XIX se produce la aparición de compañías privadas que, atraídas por el resurgimiento económico de la zona por la minería, proponían resolver, de una vez por todas, el tema del agua para la ciudad. Sin embargo, dichas compañíaspronto comprobaron lo vano del intento, lo elevado del coste y lo escaso del beneficio.

La fuente de información principal para el conocimiento de estas compañías es la Memoria relativa al abastecimiento de aguas potables de la ciudad de Cartagena, redactada por Luís Mariano Vidal y Lucas Mallada en 1914. Las principales características de las mismas las incluimos en la siguiente tabla:

De todas estas compañías nos fijaremos, principalmente en dos: Aguas de los Cartageneros y la Compañía Inglesa.

Aguas de los Cartageneros

En Galifa, pedanía situada a 6 km de Cartagena, se iniciaron en 1883 los trabajos de alumbramiento de aguas, orientados por la existencia de algunos pequeños manantiales como el deLa Muela, Los Higueros o el Pozo de la Torre, en la vertiente occidental de la sierra de la Muela y la del Morteral cercana a ella. Se consiguieron reunir unos 300 m³ diarios, realizándose obras de canalización que desde un colector situado en el barranco de Munguíadesde donde se conducían los aportes hasta un depósito situado en la loma de Odón a tan sólo 1 km al oeste de Canteras.

En el año1890 esta compañía es absorbida por la Compañía Inglesa que trabajaba desde Perín, constituyendo sus infraestructuras parte importante de la nueva compañía, sobre todo las captaciones realizadas en el paraje de Fuente Vieja. Su potabilidad resultó ser bastante peor que las demás e incluso se llegaron a localizar microorganismos patógenos

La Compañía Inglesa (The Carthagena Water Co. Ltd.)

Fundada en 1889, la sociedad «The Carthagena Water Works», domiciliada en Manchester y que posteriormente pasó a denominarse «The Carthagena Mining and Water Co. Ltd.», tuvo como objetivo abastecer a la ciudad desde la localidad de Perín, a unos 15 km al oeste de la ciudad. Su sede estaba localizada en un edificio modernista (figura 2) construido por los arquitectos Tomás Rico y Paula Oliver en el paraje conocido actualmente como Huerto del Inglés.

Los caudales suministrados por la compañía alcanzaban, por término medio, los 1.000 m³ diarios, cantidad insuficiente para el abastecimiento de la población y con unas condiciones de potabilidad que, con el paso del tiempo, fueron empeorando.



Figura 2
Sede de la Compañía Inglesa de Aguas en Perín (foto del autor 2013)

Esta compañía fue la más importante en cuanto a actividad en estos años iniciales del siglo XX manteniéndose sus funciones hasta mediados de siglo, cuando el agua del Taibilla vino a resolver los problemas de agua de Cartagena[2]. Su liquidación tuvo lugar en 1955.

Infraestructura de la Compañía Inglesa de Aguas

Para poder realizar el suministro de agua a la población, la Compañía Inglesa captaba aguas tanto superficiales como subterráneas que, posteriormente, transportaba (mediante galerías o canales en lámina libre y conducciones en presión) hasta un conjunto de depósitos donde se almacenaban para su posterior distribución. A lo largo de todo el sistema se disponían una serie de filtros con el objetivo de mejorar la calidad de las aguas.

Este sistema, aunque conocido en sus elementos más significativos, como es el caso de los depósitos ubicados en el pueblo de Canteras (a 5 km de Cartagena) o el depósito final de distribución del Monte Sacro, dentro de la trama urbana de Cartagena, presentaba enormes lagunas en cuanto a su caracterización completa, tanto en su trazado como en su funcionamiento, debido a que su realización, como se ha comentado en epígrafes previos, la efectuó una compañía privada, no quedando constancia del proyecto en los archivos de la ciudad.

El exhaustivo trabajo de campo realizado ha permitido la reconstrucción completa del sistema. Este trabajo se ha visto complementado con el hallazgo de diferentes planos originales en poder de vecinos de la zona, gracias a los cuales se ha podido recuperar la toponimia original de muchos de los elementos, verificar hipótesis planteadas y descubrir aspectos a día de hoy desconocidos.Con el fin de ser claros en la descripción del sistema vamos a distinguir entre las zonas donde se realizaba la captación y las zonas donde tenía lugar el almacenamiento y el posterior transporte del agua.

Sistema de captación de Fuente Vieja

El paraje conocido como Fuente Vieja se encuentra situado a 10 km al oeste de Cartagena y constituía la fuente principal de captación para la compañía de Los Cartageneros, aprovechando tanto las aguas superficiales que circulaban ocasionalmente por las ramblas de Giménez y del Cabezo Negro, como las subterráneas que abastecían (y a día de hoy lo siguen haciendo) la fuente que da nombre al emplazamiento.Las aguas provenientes de los distintos orígenes confluían en un pequeño depósito (conocido popularmente como caseta filtro de Fuente Vieja) en el cual se producía una primera decantación para posteriormente iniciar su recorrido hacia Cartagena mediante una galería subterránea.

La captación principal se realizaba en la rambla del Cabezo Negro, donde se ubica un azud a 1.080 m aguas arriba de la caseta filtro (figura 3). En el margen derecho de dicho azud existe una toma lateral mediante la cual el agua era conducida hasta el denominado depósitode Giménez a través de un canal de sección rectangular de 045 x 0,50 m^2y350 m de longitud que discurre en paralelo a la rambla.

El depósito de Giménez(figura 4) presenta planta trapecial, con una profundidad de 4 m y una capacidad de 1.100 m^3 y constituye el primer punto de almacenamiento intermedio del sistema. Se encontraba techado, aunque actualmente gran parte de dicha estructura de cerramiento se ha perdido. Desde este depósito y mediante tubería de hierro de 0,15 m de



Figura 3
Azud con toma lateral en la rambla del Cabezo Negro(foto del autor 2013)

diámetro, el agua era trasladada hasta la caseta filtro pudiéndose regular esa aportación mediante las correspondientes válvulas ubicadas a la salida del depósito.

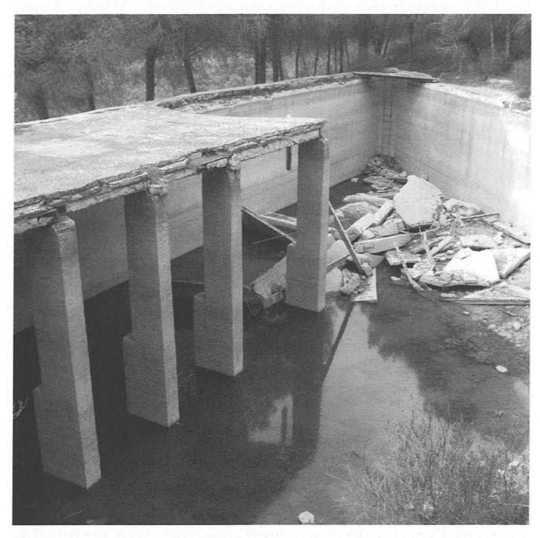


Figura 4
Vista del depósito de Giménez(foto del autor 2013)

Aguas abajo de el azud inicial y sobre la rambla del Cabezo Negro se construyeron tres azudes más, el primero a la altura del depósito de Giménez y los otros dos a 420 y 245 m aguas arriba de la caseta filtro, respectivamente. La función de los dos primeros azudes era atenuar el efecto erosivo del agua en la rambla, laminando en lo posible las avenidas y reteniendo el sedimento arrastrado (que posteriormente era retirado abriendo unas compuertas ubicadas en el cuerpo del azud), mientras que el último servía también como punto de toma, realizándose el transporte del agua hasta la caseta filtro mediante una tubería de hierro de 0,15 m de diámetro.

La captación en la rambla de Giménez se realizaba mediante un azud hoy completamente aterrado (figura 5), que recogía, por un lado, todas las aportaciones de la rambla y, por otro, la escorrentía de la ladera derecha de la rambla, que se guiaba hacia dicho punto mediante un murete de unos 40 cm de altura y se vertían a dicha rambla apenas unos metros aguas arriba del azud. En el estribo izquierdo del propio azud se realizaba la captación de los caudales que se



Figura 5
Azud ubicado en la rambla de Giménez(foto del autor 2013)

debían trasladar desde esta rambla, hasta la rambla del Cabezo Negro.

Para realizar el trasvase, la compañía de los Cartageneros dispuso un sistema de pozos que mediante un sencillo sistema de vasos comunicantes, per-

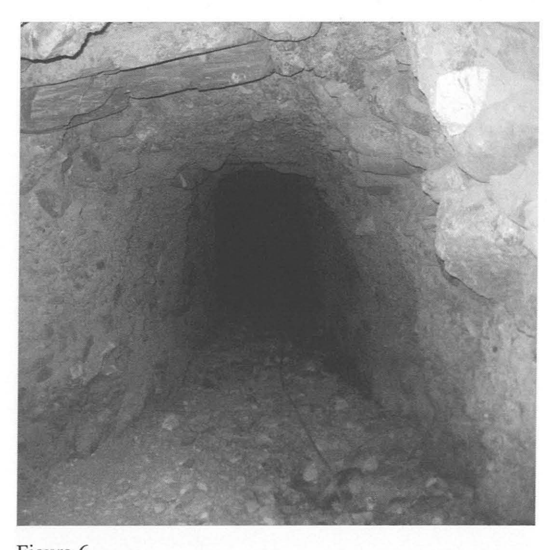


Figura 6
Interior de la galería que comunica los dos pozos(foto del autor 2013)

mitía realizar el transporte de agua de una cuenca a otra. El pozo inicial, ubicado a 5 m del azud de la rambla de Giménez, comunica con el segundo mediante una galería de 110 m con una sección de 1m de ancho y altura variable entre 1,5 y 2,3 m (figura 6). De la boca del segundo pozo parte un canal que desemboca en el depósito de Giménez, permitiendo la conexión de las dos cuencas vertientes a las respectivas ramblas en un único punto de almacenamiento.

Finalmente, para la recogida y aprovechamiento de las aguas subterráneas de la Fuente Vieja se dispuso una galería perpendicular a la traza de la rambla del Cabezo Negro que, desembocando en la propia caseta filtro, a día de hoy sigue funcionando. En las inspecciones de la zona se han llegado a identificar cinco lumbreras pertenecientes a la conducción subterránea, elementos que permiten seguir la traza de la galería en superficie.

En los años 20 se produce una modificación del sistema por parte de la compañía inglesa con el fin de aumentar la capacidad de almacenamiento, lo que redundaría una mayor garantía del servicio a la población. Para ello se proyecta y se construye un depósito en las inmediaciones del depósito de Giménez, conocido como depósito de la Manda (figura 7), de planta rectangular, 4,5 m de profundidad y una capacidad de 8.000 m^3.

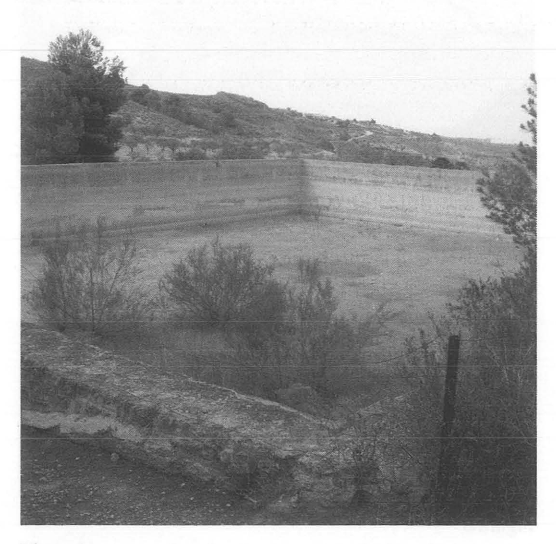


Figura 7
Depósito de la Manda(foto del autor 2013)

En los planos iniciales el depósito se concibió como techado, aunque dicho cerramiento nunca se llegó a realizar. Este depósito se abastecía de caudales derivados del depósito de Giménez, bastante más pequeño, aumentando de forma importante la capacidad de regulación del sistema de Fuente Vieja. También se aumentó la capacidad de captación disponiendo una tubería cerámica que, partiendo del azud de cabecera, llegaba hasta la caseta filtro. Dicha tubería, que discurría por los márgenes de la rambla, ha sido muy castigada por las sucesivas avenidas, quedando todavía algunos restos a lo largo de la traza.

Como elementos curiosos del sistema de Fuente Vieja cabe destacar la existencia de dos balsas circulares de 5 m de diámetro y 1,5 m de profundidad empleadas por la compañía inglesa para el riego de unos viveros de pinos existentes en la zona. Esos parajes a día de hoy se conocen como «pinares del inglés». La primera de ellas se abastecía mediante un canal que partiendo de un pequeño azud situado en la cabecera de la rambla de Giménez, derivaba los caudales mediante un canal de 0,30 x 0,30 m siendo posible la restitución de los caudales sobrantes al depósito de Giménez mediante otro canal que atraviesa en túnel la divisoria de las cuencas vertientes de las ramblas. La segunda balsa se encuentra ubicada por encima del depósito de la Manda, abasteciéndose directamente del depósito de Giménez mediante un canal, hoy deteriorado por la construcción de una pista forestal.

Una vez que todo el agua se reunía en la caseta filtro, esta continuaba su camino mediante una galería subterránea que llegaba hasta un depósito situado en la zona de Galifa conocido como depósito del Bancal Blanco, de planta trapezoidal y capacidad de 5.000 m^3 desde donde continuaba su camino hasta Canteras. Esta conducción que partía del depósito fue anulada, construyéndose una nueva conducción que, con un pequeño depósito intermedio (apenas 600 m^3) en el paraje de Loma Asomada trasladaba los caudales captados hasta los depósitos situados en Canteras.

Sistema de captación de Arjona

El paraje Arjona se encuentra ubicado en la pedanía de la Torre de Nicolás Pérez, a 11 km al oeste de Cartagena. Este sistema de captación recogía agua de diferentes formas: a través de manantial, mediante el aprovechamiento de la escorrentía gra-

cias al uso de muretes y mediante un tomadero situado en la rambla de la Torre.Es de destacar que este sistema fue realizado exclusivamente por la Compañía Inglesa de aguas (en contraposición al sistema de Fuente Vieja, que fue realizado por la sociedad de los Cartageneros) permitiendo el abastecimiento de Cartagena y de la finca conocida como «Huerto del Inglés», lugar donde tenía su sede la propia compañía.

El primer punto de captación corresponde a un manantial localizado en la margen izquierda de la rambla de la Torre. Partiendo de ese punto, la Compañía Inglesa construyó una galería subterránea que, partiendo del manantial, servía como elemento de transporte del agua captada en profundidad. A escasos 200 m del primer pozo se construyó un azud en la rambla con el objetivo de incorporar a dicha galería los caudales captados en la rambla mediante un tomadero.

Otro elemento importante del sistema Arjona es el depósito del mismo nombre (figura 8), ubicado aguas abajo del tomadero de la rambla, de planta trapezoidal y una capacidad de 5.000 m^3 al cual podían desviarse los caudales de la galería mediante una conducción en túnel que partía del azud. A este depósito también llegaban los caudales de escorrentía recogidos mediante una serie de muretes dispuestos en la ladera del cerro de la Cárcel y que acababan en una balsa ubicada por encima del depósito. Por tanto, este depósito constituye el elemento principal de almacenamiento de agua de este sistema.



Figura 8
Depósito de Arjona(foto del autor 2013)

Es de destacar que el agua recogida en la balsa de Arjona podía, bien enviarse al depósito o bien enviarse hacia la finca donde la Compañía tenía su sede, mediante un canal que termina en uno de los dos depósitos de almacenamiento con los que contaba la finca para el consumo de agua de los trabajadores y de la fábrica de tubos ubicada en ese mismo emplazamiento.

La galería subterránea de la que parte el sistema, continúa aguas abajo de la rambla siguiendo más o menos su trazado. El depósito podía incorporar caudales a dicha galería, regulándolos mediante válvulas dispuestas a tal efecto. Los caudales circulantes por la galería podían tomar dos caminos: seguir de forma continua hasta la población de Canteras o bien ser desviados para hacerlos pasar por un filtro situado en la finca conocida como «El Gorrica» para, posteriormente, ser incorporados al sistema de Perín.

Sistema de captación de Perín

El sistema de Perín, pedanía situada a 12 km al oeste de Cartagena, al igual que el Arjona, fue construido íntegramente por la Compañía Inglesa de aguas, captando el agua de tres zonas diferenciadas.La primera de ellas, denominada loma de los Colorados, se encuentra a unos dos km al oeste de Perín y la captación se realiza de forma subterránea mediante una galería. El trazado de la galería se puede reconstruir mediante los diferentes pozos que jalonan su recorrido. Después de 200 m de galería, el agua captada era transportada mediante tubería cerámica de 25 cm de diámetro, discurriendo por la rambla de los Jarales hasta su intersección con la rambla de los Barbastres.

Es en esta rambla de los Barbastres donde se ubica el segundo punto de captación del sistema, esta vez mediante un azud que interceptaba los caudales circulantes por dicha rambla (figura 9). Dicho azud, al igual que los descritos en el sistema de Fuente Vieja, presenta una compuerta central con el fin de limpiar los sedimentos retenidos. Actualmente se encuentra en estado ruinoso, presumiblemente por el efecto de alguna avenida.

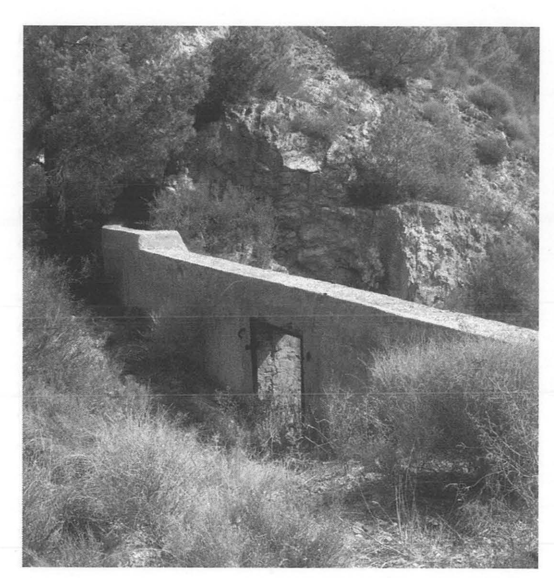


Figura 9
Azud de la rambla de Barbastres(foto del autor 2013)

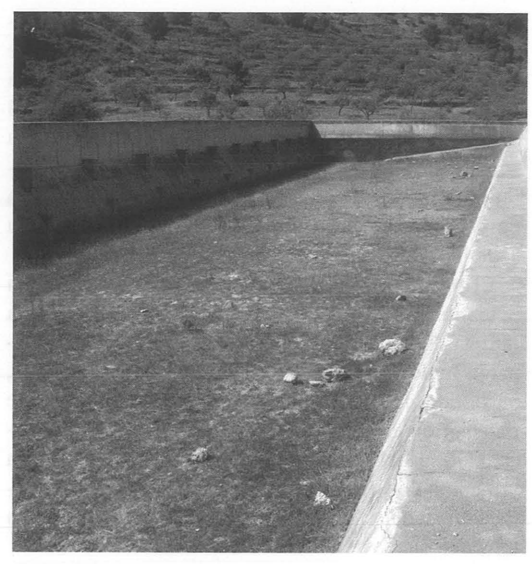


Figura 10
Balsa de Perín(foto del autor 2013)

Desde este azud parte un canal al que, en su intersección con la rambla de los Jarales, se suman las aguas captadas en la zona de la loma de los Colorados. Dicho canal termina en un depósito conocido como balsa de Perín o, según los vecinos, balsa de Juan Paca (figura 10), de planta rectangular y con una capacidad de 3.000 m^3 a la que también se suma la escorrentía de la ladera bajo la que se ubica, dirigida hacia el depósito mediante una serie de muretes.

El agua recogida en el depósito podía tomar, posteriormente, dos caminos: el primero se realizaba mediante un canal que, unos 100 m aguas abajo del depósito, termina en un pozo que atravesando la carretera de Perín suministraba agua al Huerto del Inglés. El segundo se materializa en un canal que conduce el agua hasta la pedanía de Las Barrenas, donde se une al agua procedente de la tercera zona de captación.

Esta tercera zona funcionaba, al igual que el tramo de la loma de los Colorados, mediante un sistema de pozos y galerías que partiendo del paraje conocido como Casas de la Fuente, terminaba en la unión con los caudales procedentes del depósito de Perín en la zona de Las Barrenas. A partir de este punto circulaban de forma conjunta unos 50 m hasta un pozo desde el cual el agua podía seguir dos caminos, juntándose de nuevo aguas abajo.

El primer camino circula paralelo a la rambla de Peñas Blancas transportándose el agua mediante una tubería cerámica de 25 cm de diámetro para posteriormente convertirse en un canal que circula por la ladera sur del cerro llamado Cabezo del Lobo.El segundo camino se realiza mediante una galería hasta una caseta de válvulas, situada en la ladera norte del cerro Cabezo del Lobo. Aguas abajo de dicha caseta se ubica un decantador (o filtro, como se conoce en la zona) del cual parte un canal. El encuentro de los dos canales se realiza en la ladera noroeste del Cabezo del Lobo en una pequeña arqueta ubicada en la pedanía de La Corona a 3 km de Perín.

De dicha arqueta parte un canal cubierto que se dirige a la vecina población de los Molinos Marfagones, atravesando los parajes conocidos como «Los Llanos», «Casa de Aguas» y «Casa del Alto» hasta llegar a la carretera que comunica Mazarrón con los Molinos Marfagones, circulando paralelo a la carreterahasta desembocar en una arqueta en el paraje conocido como «La Torre rubia», próximo a la población. Dicha arqueta comunicaría directamente con los depósitos de la Compañía en los Molinos Marfagones.

Puntos de almacenamiento previo y transporte hasta Cartagena

El almacenamiento final en la ciudad de Cartagena se realizaba en un depósito situado en la cima del Monte Sacro (conocido coloquialmente como Cantarranas) (figura 11), desde donde llegaba a los abonados por medio de tuberías de plomo. Para la construcción de dicho depósito, la Compañía necesito de un permiso otorgado por la Real Orden de 10 de junio de 1896 al encontrarse dicho monte en el interior del recinto defensivo de la ciudad, frente al baluarte nº 1 de la muralla de Carlos III.



Figura 11
Depósito del Monte Sacro (foto del autor 2013)

A este depósito, el agua podía llegar por dos caminos diferenciados: el proveniente de los depósitos construidos por la sociedad de los Cartageneros en Canteras o de los depósitos construidos por la propia Compañía Inglesa cerca de los Molinos Marfagones.

En Canteras existen dos depósitos y un filtro que recibían las aguas del sistema de Fuente Vieja y aquellas que se derivan del sistema Arjona. El primero de ellos, el depósito de Odón (figura 12), se encuentra ubicado en el paraje conocido como Casas de Belmonte, apenas a un km de la localidad de Canteras. Tiene planta rectangular de 64 m de largo, 18 m



Figura 12
Depósito de Odón (foto del autor 2013)

de ancho y 9 m de profundidad lo que le otorga una capacidad de 10.300 m^3, siendo el depósito más grande de toda la infraestructura de la Compañía. Presentaba una cubierta abovedada de hormigón armado, hoy derruida casi en su totalidad.

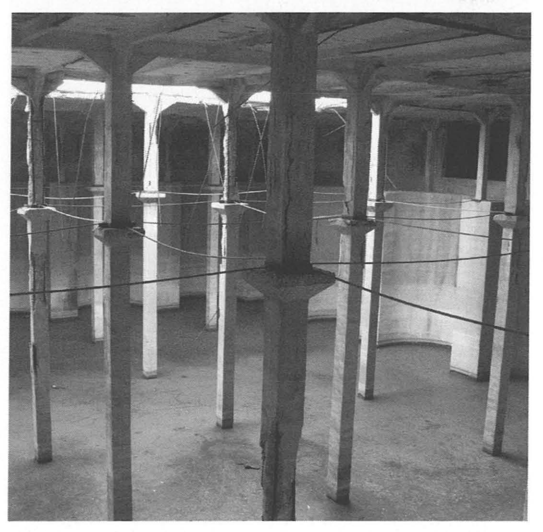


Figura 13
Interior del depósito Serna (foto del autor 2013)

El segundo depósito era el denominado depósito Serna (figura 13), situado en la parte más alta de la localidad de Canteras, junto a las canteras de arenisca. Techado, de planta rectangular y con un vaso cerrado por superficies semicilíndricas, tiene una capacidad de unos 3.300 m^3.Las aguas podían dirigirse a uno u otro pozo de forma independiente, facilitando la explotación del sistema.

Finalmente, las aguas almacenadas en ambos depósitos atravesaban el filtro ubicado frente a la iglesia de Canteras (figura 14), que consta de dos cámaras de sección rectangular y 2,5 m de profundidad, con una capacidad total de 280 m^3. Dichas cámaras se llenaban de áridos con el fin de realizar el filtrado de las aguas que, mediante tuberías de hierro llegaban hasta el depósito final del Monte Sacro, después de pasar por una caseta de contadores, derruida a finales del siglo XX.



Figura 14
Filtro de Canteras (foto del autor 2013)

El segundo camino del agua hasta el depósito final provenía de los depósitos de la Compañía Inglesa en los Molinos Marfagones, a los que llegaba el agua proveniente del sistema de Perín y aquellos caudales derivados del sistema de Arjona. De estos depósitos en la actualidad no quedan datos, salvo los indicados por Vidal y Mallada (1914) que señalan su existencia y su ubicación en la mencionada localidad.

Conclusión

El objetivo de este trabajo ha consistido en la identificación de la infraestructura de la Compañía Inglesa de agua, partiendo de los pocos datos que de ella se tienen a nivel documental y mediante un trabajo de campo que no ha estado exento de dificultades. Una vez establecido este funcionamiento general del sistema, los próximos objetivos son la caracterización del sistema en profundidad mediante la elaboración de un modelo hidrológico que nos permita conocer las cantidades de agua con las que contaba la Compañía y su distribución en el tiempo para, finalmente, elaborar un modelo matemático que nos permita reproducir todo el sistema con el fin de acercarnos con las mayores garantías al funcionamiento real de una infraestructura tan interesante como es la de la Compañía Inglesa de Aguas de Cartagena.

Notas

1. Depósito compartimentado que recibía el agua de los acueductos, y la almacenaba y distribuía al resto de la ciudad mediante tuberías de cerámica o plomo. En Cartagena según las excavaciones arqueológicas éste habría estado formado por una piscinas de 15 m x 10 m en planta parcialmente excavado en la roca y cerrado al sur por muros de bloques de arenisca colocados a tizón (*opus cuadratum*) de 2 m de espesor revestidos en *opus signinum*. Desde ésta el agua pasaba a dos cisternas desde donde se repartía a fuentes y baños.
2. El 16 de mayo de 1945 las aguas del río Taibilla llegaron a Cartagena culminando un proceso que había comenzado en 1927 con la constitución de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla. Desde ese día, el abastecimiento de agua a Cartagena ha estado garantizado tanto en cantidad como en calidad.

Lista de referencias

Arnaud, G. 1925. «La région la plus sèche d'Espagne». *Annales de Géographie,* 34: 470 - 471

Berrocal, María del Carmen y Alejandro Egea. 2007. «El abastecimiento de agua de Cartagena en el siglo XIX y comienzos del XX. La época de las compañías de aguas». *Revista Murciana de Antropología*, 14: 233 - 258.

Blázquez, José María. 1969. «Explotaciones mineras en Hispania durante la República y el Alto Imperio Romano». *Anuario de Historia Económica y Social en España*. Madrid: Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Complutense de Madrid.

De la Piñera, A. 1990. «Breve historia del abastecimiento de las aguas de Cartagena». *Cuadernos del Estero*, 4: 5 - 26.

Egea, Alejando. 2002. «Características principales del sistema de captación, abastecimiento, distribución y evacuación del agua de Carthago Nova». *Empuries*, 53: 13 - 28

Mediavilla, José. 1989. *Cartagena y las aguas de la región murciana*. Murcia: Consejería de Política Territorial y Obras Públicas.

Tornel, Cayetano; Alfonso Grandal y Ángel Rivas. 1985. *Textos para la Historia de Cartagena (ss. XVI - XVII)*. Granada: Ayuntamiento de Granada.

Vidal, Luis Mariano y Lucas Mallada. 1914. *Memoria sobre la traída de aguas potables a Cartagena y su puerto*. Cartagena: Ayuntamiento de Cartagena.

Bóvedas de crucería con enjarjes de nervios convergentes que emergen del muro en el área valenciana, ss. XIV - XV

Carmen Pérez de los Ríos
Arturo Zaragozá Catalán

El enjarje es la zona del arranque de la bóveda en la que nervios y molduras se tallan unidos, y esto es posible gracias a una eficaz estrategia constructiva, capaz de dar lugar a una gran variedad de resultados, incluyendo diversos tipos de cruce de molduras (Rabasa 2000), (Rabasa 2007), (Rabasa 2011). Un caso especial es el enjarje de nervios que emergen del muro sin pilastra ni ménsula y que convergen en un punto. El primer ejemplo se localiza en 1335 en el refectorio de la abadía de Bebenhausen (Michler 1998, 67), cerca de Stuttgart. En esta zona fronteriza entre Francia y Alemania se estaba experimentando con nervios que emergen del muro de manera directa desde principios del XIV, generalmente evitando intersecciones demasiado complejas; Bebenhausenes un ejemplo sobresaliente en este entorno de innovación constructiva.

Otro hito en este desarrollo lo protagoniza, a mediados del siglo XIV, la Sala de Teología de El Palacio de los Papas de Aviñón, con unos enjarjes de molduras cruzadas, no convergentes, de cuidado diseño y ejecución, que ofrecen un aspecto un tanto masivo debido a la sencillez de los perfiles de los nervios (Domenge 2009).[1] A partir de este momento, el foco de esta innovación se moverá hacia el sur de Francia, con ejemplos tan destacables como el claustro de la catedral de Narbona, donde encontramos tres enjarjes diferentes y consecutivos, uno de ellos también de nervios que convergen en un punto.[2] El mecenazgo de los duques de Borgoña será fundamental en este período aunque, lamentablemente, en Dijon no quedan edificios que den testimonio de ese florecimiento constructivo.

A principios del siglo XV Guillem Sagrera hará de los enjarjes de molduras cruzadas su sello personal, centrando en las intersecciones complejas la muestra de su gran capacidad como proyectista y cantero. Su obra se desarrolla en el Rosellón, Mallorca y Nápoles. En la sala capitular de la catedral de Perpiñán, y dentro de la gran variedad de soluciones para enjarjes que el maestro desarrolla en ella, encontramos un enjarje de las características del de Bebenhausen o Narbona (Senent 2012).

Contemporáneamente a Sagrera, y en Valencia y sus alrededores, se construyen tres ejemplos diferentes con enjarjes de nervios que emergen de un punto. Con tan pocos precedentes, es sorprendente localizar en un área tan pequeña estos ejemplos similares. La gran calidad de su ejecución, la dificultad de clara atribución de dichas obras a uno o varios autores, y el hecho de tratarse de fábricas de gran importancia y envergadura, suscitan gran interés. Se encuentran en este episodio el gran claustro de la cartuja de Valdecristo (Altura), el refectorio del monasterio de Santa María de la Valldigna (Tavernes de la Valldigna) y el claustro del monasterio de la Trinidad en Valencia.

Diseñar un enjarje de estas características no es algo mecánico ni su resultado es fortuito, sino fruto de una voluntad clara. Los canteros habían comprendido las reglas geométricas, compositivas y constructivas del gótico y, gracias a su formación y maestría, eran capaces de proponer nuevas soluciones, emple-

ando plantillas y líneas directrices (Rabasa y Pérez de los Ríos 2013). Mediante el análisis geométrico y constructivo de cada uno de estos casos valencianos pretendemos arrojar luz sobre el modo de concepción de los mismos y contrastar si en los tres casos se siguen las mismas reglas[3]; comprobaremos que, a pesar de las similitudes, nos encontramos con tres soluciones diferentes en la ejecución práctica y el detalle[4].

Metodología

Se han realizado mediciones en el claustro del monasterio de la Trinidad, en los restos de la cartuja de Valdecristo y en el refectorio de Santa María de Valldigna con una estación total Leica Flex Line TS02. Se han tomado datos de la planta del edificio, las curvas de los arcos, con mayor densidad en la zona del enjarje, puntos siguiendo las juntas de las piezas de los enjarjes, desplomes y perfiles de los nervios.

Obtenida la nube de puntos, los enjarjes ha sido modelados mediante Rhinoceros v.4. En el proceso hay que coordinar las curvas de los arcos y las hiladas horizontales, intentando que ambas difieran lo menos posible una vez se haya extruido el perfil del arco. El perfil ha de ser dibujado con gran fidelidad en el caso de los enjarjes, ya que a la más mínima variación, el resultado formal cambia enormemente.

Claustro de la cartuja de Valdecristo

La cartuja de Valdecristo fue fundada por el infante Martín de Aragón en 1385. Entre las motivaciones para la fundación de la cartuja debe recordarse el conocido patrocinio de esta orden por parte de las casas reales y la alta nobleza en los siglos XIV y XV (Serra y Miquel 2009).

La cartuja de Valdecristo sigue la disposición habitual de las casas de la orden. Un amplísimo claustro cuadrado de 260 por 260 pies valencianos, 78,4 m por 78,4 m, de lado da acceso a las veinticuatro celdas de generosa dimensión (el pie valenciano es de 30,2 cm). El claustro se cubría con bóvedas de crucería simple con los arranques y las claves de piedra caliza (figura 1). Y las dovelas eran, en apariencia, prefabricadas de yeso *barrejat*, es decir, fabricadas



Figura 1
Claustro de la cartuja de Valdecristo (foto de la autora 2013)

con aditivos de cal.[5] Los muros son de tapia y las bóvedas tabicadas. Las innovaciones técnicas experimentadas en Valdecristo; el yeso estructural, las bóvedas tabicadas y los enjarjes cabe atribuirlos al monje *conrer* (mayordomo o cillerero) Bernat Çafabrega, amigo personal del futuro rey Martín I y seguramente, como él, aficionado (o profesional) de la arquitectura. Hay noticia de que en el año 1400 ya se había cerrado una parte del claustro con las bóvedas de crucería con nervios enjarjados (Girona 1906; Zaragozá e Ibáñez 2011).

La mayoría de los enjarjes del claustro se encuentran en un estado de conservación lamentable. Todos son iguales, con un nervio perpiaño y dos ojivos cuya directriz parece converger en un punto. No quedan restos de los enjarjes situados en los rincones ni en las esquinas, que hubiesen presentado una solución diferente. Todo el muro que daba fachada al patio ha desaparecido. El claustro estaba conformado por pandas de 22 bóvedas cuatripartitas. Cada tramo es rectangular, con una dimensión de 10 pies valencianos y un palmo, de ancho, por 12 pies de largo. Los arcos perpiaños, con 6 pies de radio, eran apuntados; mientras que los ojivos eran semicircunferencias de 8 pies de radio. La posición de la clave de los ojivos quedaría aproximadamente 40 cm por encima de la clave de los perpiaños. No existen nervios for-

meros y, en cuanto a la plementería, aún son visibles restos de ladrillo tabicado.

MONASTERIO DE LA TRINIDAD EN VALENCIA

El real monasterio de clarisas de la Santísima Trinidad de Valencia es un edificio de notable importancia histórica. Fue fundado por la reina María de Castilla, consorte del rey Alfonso *el Magnánimo* de Aragón y regente del reino durante la larga ausencia de su marido en Italia. Se comenzaron las obras, con una solemne ceremonia, el 9 de julio de 1445. Las crónicas del monasterio hacen suponer que debió de construirse primero la iglesia y el sepulcro de la reina, que se sitúa en el muro en el que confluye el lado del evangelio de la cabecera de la iglesia con la nave sur del claustro (Zaragozá 1995).

El monasterio se ordena alrededor de un claustro de planta rectangular de dos pisos. El claustro bajo está abovedado y formado por una nave de ocho arcos ojivales en su lado mayor y siete en el menor. La galería inferior, construida con cantería de excelente labra, se cubre con bóvedas de crucería simple con nervios de piedra que arrancan limpiamente del muro, sin impostas. La plementería, que está encalada, debe de ser de ladrillo.

El interés arquitectónico del monasterio de La Trinidad no radica únicamente en la reconocida belleza del conjunto sino, especialmente, en la vanguardista experimentación técnica y formal realizada en sus fábricas. Las distintas piezas del conjunto monástico muestran el discurrir, sin graves cesuras, el paso de la estereotomía medieval a la moderna. Entre sus muros se tienden arcos en esviaje, bóvedas aristadas, arcos en rincón de claustro, decendas de cava, o bóvedas de arista y esquifadas.

En este contexto la personalidad de los maestros que trabajaron, con admirable sentido de continuidad, en la obra del monasterio, así como la datación de las diferentes partes de la obra es, historiográficamente, del mayor interés. Lamentablemente la construcción del monasterio no ha sido explorada archivísticamente y, de momento, únicamente cabe recurrir a utilizar fuentes indirectas y plantear los problemas existentes. La primera noticia que conocemos sobre un maestro de obras en el monasterio la recoge *ellibro de bienhechores*, que se custodia en el propio archivo del monasterio y en el que figuran las personas que contribuyeron entre 1446 y 1449 para la fábrica, y se hicieron acreedores a las correspondientes indulgencias. Figura en primer lugar la reina, seguida de otras muchas personas conocidas de la sociedad valenciana de este momento. En esta relación aparecen *Nanthoni Dalmau, Pedrapiquer, MESTRE DE LA OBRA y Juanet Dalmaufill del MESTRE DE LA OBRA* (Zaragozá 1995).

Antoni Dalmau (1435-1453) fue un fino escultor y un prestigioso maestro de obras, siendo maestro de obras de la Seo. Los ocho años que median entre el comienzo de la obra de la Trinidad y la muerte del maestro Dalmau hacen pensar que éste únicamente pudiera realizar las trazas generales del conjunto monástico e iniciar la iglesia y el claustro. Obra de finísima labra de las propias manos de Dalmau, sería el sepulcro de la reina María. Sus características estilísticas se avienen perfectamente con el retablo del trascoro de la catedral de Valencia, obra documentada de Dalmau. Los arranques de las bóvedas de claustro son obra asociada al sepulcro, con lo que se refuerza la atribución de los enjarjes de los arcos de las bóvedas del claustro a Antoni Dalmau. La obra de este maestro en la Trinidad puede datarse entre 1445 y 1453 (Zaragozá y Gómez-Ferrer 2007).

El claustro es de planta rectangular, de 9 por 10 pandas, compuesto por bóvedas de planta cuadrada

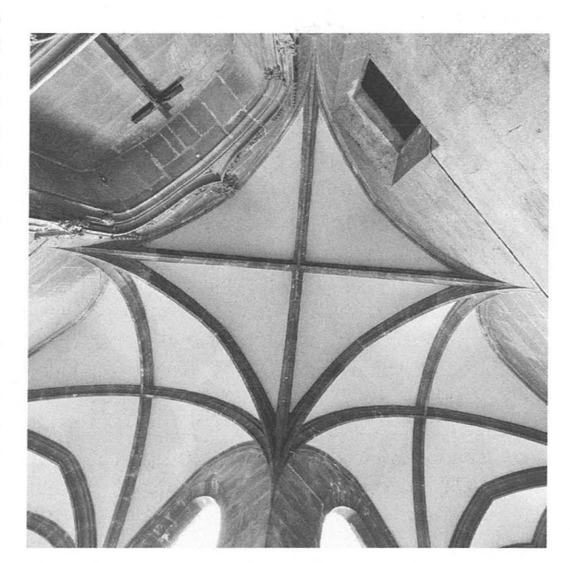


Figura 2
Claustro de La Trinidad (foto de la autora 2013)

cuatripartitas de 15 por 15 palmos (el palmo valenciano es de 22,65 cm).Se han medido las tres bóvedas de la esquina sureste (figura 2). Los arcos perpiaños son apuntados y arrancan tangentes al muro. En la esquina, su eje coincide con el quiebro y todos tienen la misma dimensión y radio. El radio de los formeros es muy similar y todos arrancan del punto en el que el eje del perpiaño encuentra el muro. En La Trinidad hay tres tipos diferentes de enjarjes, los que salen directamente del muro, con cinco nervios convergentes; los de la esquina, de la que se unen siete nervios; y los de los rincones, de donde sale un ojivo y dos formeros.

A la vista parece un trabajo muy cuidado y perfecto. La ejecución no acusa algunos pequeños e imperceptibles ajustes. En efecto, los arcos ojivos no son semicircunferencias perfectas, pues, aunque la curva en el enjarje y en la parte central del arco es siempre la misma, se producen ajustes en el encuentro del enjarje con el resto del arco. Esto es debido a que la longitud del arco en planta no es siempre igual. Los ojivos que van a muro arrancan de un punto situado a cierta distancia del arranque de perpiaños y formeros, mientras que en el rincón arrancan precisamente del rincón y, en la esquina, de la esquina. Como consecuencia, los ojivos que van de muro a muro son

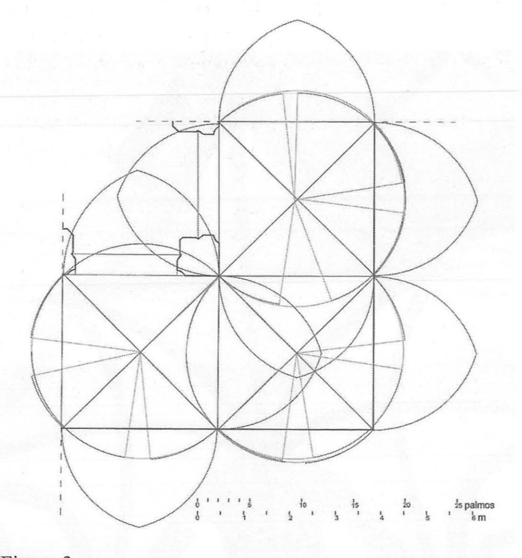


Figura 3
Planta de la esquina de La Trinidad con los ajustes en los arcos ojivos (dibujo de la autora 2013)

más cortos que los que van de muro a esquina, o de esquina a rincón, que serían los mayores. También influye en este ajuste de los arcos el hecho de que las alturas de las hiladas no se mantienen, es decir, que unos arcos arrancan ligeramente más altos que otros (figura 3).

Refectorio de Santa María de la Valldigna

El monasterio de Santa María de Valldigna fue fundado por el rey de Aragón Jaime II El Justo en 1298. Tiene una larguísima historia de destrucciones y renovaciones. Adquirido por la Generalitat Valenciana, está actualmente en proceso de estudio y de restauración. El refectorio, que tenía las bóvedas hundidas, ha sido reconstruido aprovechando que se mantenían en su lugar los enjarjes en los muros y en el suelo parte de las dovelas y de las claves. Estas últimas llevaban los escudos de Aragón, Castilla y León, hecho que abonó la atribución de su construcción al abad Juan de Aragón (1460-1475) (Toledo 1946; Martínez 1998).

No obstante, otras noticias documentales, señalan que hacia 1448 se trabajaba en la renovación del refectorio (Cabanes 1974). Los escudos que ostenta la sala coinciden también con los de la reina María de Castilla, consorte del rey de Aragón Alfonso el Magnánimo, por lo que podría adelantarse la datación del inicio de la construcción en unos años. En cualquier caso, la escalerilla de la tribuna del lector, que asciende por el grueso del muro de tapia, es un muestrario de estereotomía moderna realizada en piedra en miniatura. Esta tribuna y otros detalles, junto con las fechas que suministran los documentos y la heráldica remite al momento central y a las características de la obra de Francesc Baldomar. De hecho, el carácter monumental del refectorio podría ser una obra de patronato real en el que interviniera el maestro de las obras reales en ese momento. Ciertas similitudes en los enjarjes con los de Guillem Sagrera invitan a pensar en el hecho de que Baldomar, maestro real, tuvo necesariamente que conocer a Sagrera (de una generación anterior) en Mallorca y/o en Nápoles (Zaragozá 2000).

El refectorio es de planta rectangular y está cubierto por cuatro bóvedas cuatripartitas. La proporción en planta del lado largo es de dos veces y medio el corto, es decir, 100 por 40 palmos (22,7 por 9,12 m). En Valldigna hay seis enjarjes iguales en los muros de mayor longitud, de los que sale un perpiaño y dos nervios ojivos;

y dos iguales en las esquinas, de las que sólo sale el nervio ojivo. No hay nervios formeros (figura 4).



Figura 4
Refectorio de St. María de Valldigna (foto de la autora 2013)

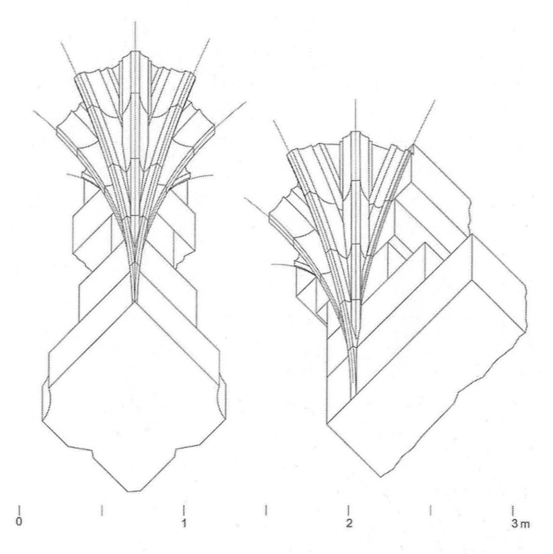


Figura 5
Modelo de los enjarjes de la Trinidad (dibujo de la autora 2013)

Tres enjarjes similares, tres diseños diferentes

Los tres edificios se caracterizan por la utilización de una solución muy concreta y poco común en el comienzo de las bóvedas. Éstas son cuatripartitas, no presentando gran dificultad técnica, por lo que los esfuerzos formales y de diseño se centran en el enjarje, con unos nervios que parecen brotar como en ramillete del muro, de manera sencilla y precisa. A pesar de que, en un primer momento, los tres casos puedan parecer iguales, cuando se estudia con precisión su geometría y sus detalles, las diferencias son notables.

Diseño en planta

Valdecristo y Valldigna están resueltos con bóvedas de planta rectangular, mientras que en La Trinidad son cuadradas. En este claustro, los nervios ojivos forman un ángulo de 45° con formeros y perpiaños, encontrándose el punto de confluencia de sus ejes con los del perpiaño dentro del muro (figura 5). En Valdecristo, los ojivos forman un ángulo de 42° con los formeros y de 48° con los perpiaños y todos confluyen en un punto que se sitúa precisamente en el contacto con el muro. Por el contrario, en Valldigna y, al tratarse de bóvedas rectangulares con mayor diferencia entre el lado mayor y menor que en Valdecristo, los ángulos se acentúan. Los ojivos forman 60° con el muro y 30° con el perpiaño. En este caso la confluencia de los ejes también se realiza dentro del muro (figura 6).

Caso particular presenta el enjarje de la esquina de la Trinidad, donde todos los nervios confluyen precisamente en la esquina. Es decir, se deja atrás todo el orden seguido en el claustro; las intersecciones de los ejes de los nervios ya no se localizan dentro del muro, sino que se llevan al punto de quiebro de la línea del muro. Todos los nervios forman un ángulo de 45° entre ellos (figura 5).

Arranque de los nervios

El lugar de arranque de cada uno de los nervios del enjarje es un aspecto problemático a estudiar a la hora de abordar su diseño, ya que puede coincidir o

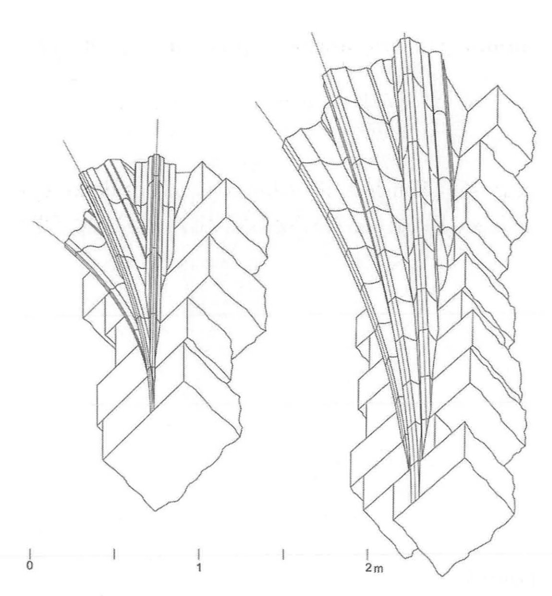


Figura 6
Modelo del enjarje de Valdecristo y Valldigna (dibujo de la autora 2013)

no con algún punto notable, como la confluencia de ejes, el contacto con el muro, etc., y se ha comprobado que a la más mínima variación de su posición, el resultado formal del enjarje no es el deseado. Por lo tanto, de su precisión depende el obtener un enjarje con una forma más o menos armoniosa, o con intersecciones más o menos complicadas de labrar, etc. (Rabasa y Pérez de los Ríos 2013).

En este sentido, el enjarje de Valdecristo es de gran claridad conceptual. Todos los nervios salen del mismo punto y del mismo nivel situado en la base de la primera pieza del enjarje (figura 7). Sin embargo, el enjarje del muro de la Trinidad presenta una mayor complejidad. Los perpiaños salen del contacto de su eje con el muro en la base del enjarje. Los formeros también salen con esa misma referencia, el eje de perpiaño con el muro, pero en la mitad de la primera pieza (figura 8). Esto es bastante singular, ya que normalmente los maestros aprovechan las juntas del enjarje para situar las plantillas y, como parece lo más lógico, localizar también en ellas los arranques de los arcos. Situar estos comienzos en la posición intermedia de una pieza no es habitual. Por otra parte, de ese nivel salen también los ojivos, lo que nos lleva a imaginar la posible realización de una maqueta con mayor número de cortes que el enjarje ejecutado en piedra, de la que fuesen tomando medidas.

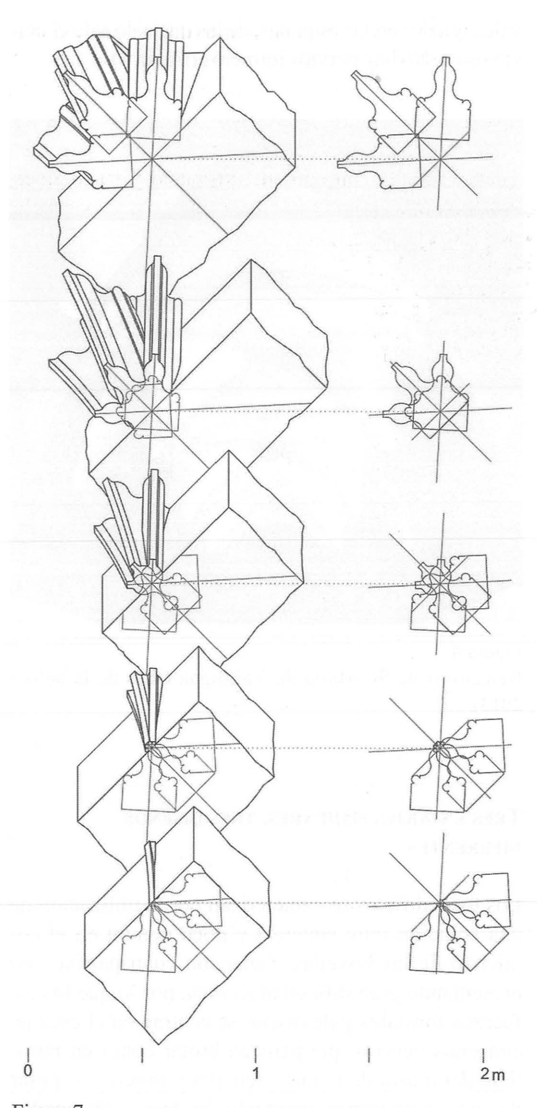


Figura 7
Enjarje de Valdecristo con las plantillas por niveles (dibujo de la autora 2013)

La posición de la plantilla de los ojivos tampoco es la que podría esperarse: no se sitúa en la concurrencia de los ejes de los ojivos, ni en el contacto de los mismos con el muro. La estrategia seguida es compleja, ya que se desplaza la plantilla en el eje del

ojivo hasta que la línea de su intradós coincide con el cruce formado por el eje del perpiaño y el muro. Detrás de esta decisión puede encontrarse el deseo del maestro cantero de que los nervios ojivos aparezcan en la segunda pieza del enjarje de modo que no lleguen a tocar el intradós del perpiaño y su intersección con él y el muro forme un triángulo muy esbelto que llega hasta la junta. Se han probado otras posibilidades, pero desplazando la plantilla simplemente 1 cm el resultado de la intersección no es el mismo.[6] En el enjarje de la esquina de La Trinidad, sin embargo todos los nervios nacen de la base de la primera pieza, del punto de la esquina (figura 9). En este caso, si se hubiesen elevado los arranques de los ojivos no parecería que todos los nervios van a un punto y el resultado hubiese sido extraño.

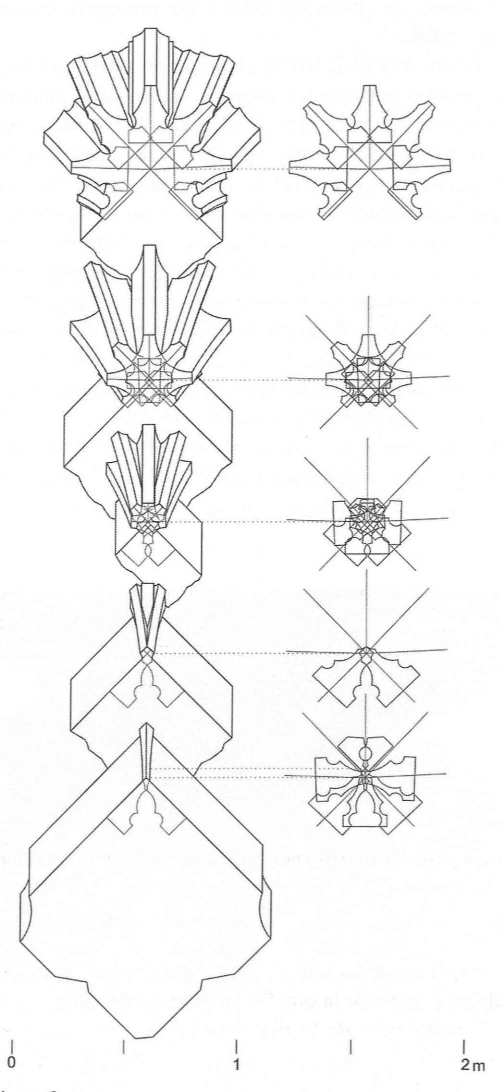


Figura 9
Enjarje de la esquina de La Trinidad con las plantillas por niveles (dibujo de la autora 2013)

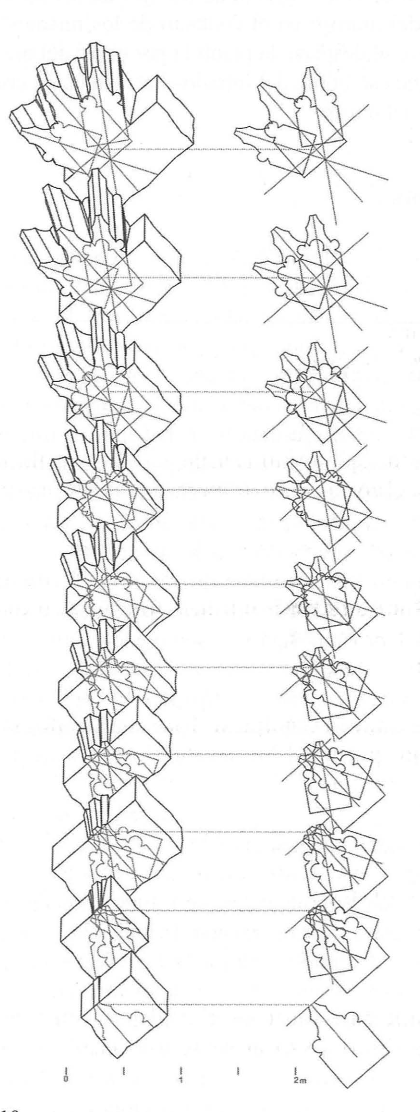


Figura 10
Enjarje de Valldigna con las plantillas por niveles (dibujo de la autora 2013)

En el refectorio de Valldigna el nervio perpiaño arranca de la base del enjarje, desde el punto de contacto del eje con el muro, mientras que los ojivos arrancan a partir de la primera junta, entre la primera y la segunda pieza (figura 10). La situación de la plantilla en la junta vuelve a ser inusual, como en el enjarje del muro de La Trinidad. En vez de disponer la línea de intradós de la plantilla en relación con el punto de convergencia de los ejes de los ojivos dentro del muro o en el contacto de los mismos con el muro, se desplaza la plantilla por el eje del ojivo hasta que ese borde del intradós hace contacto con la línea del muro.

Perfiles

El trazado, el tamaño y proporción de los perfiles de los tres edificios son diferentes. En Valdecristo, el ejemplo más conservador en este sentido, se ha podido establecer que todos los arcos tienen el mismo perfil, con un filete estrecho (3 cm) en el intradós, un juego de curva y contracurva y un baquetón al final. La Trinidad presenta un perfil más acorde con los gustos centroeuropeos, pues prescinde de baquetones y se compone a base de concavidades; los perfiles son diferentes según cada nervio, el perpiaño está compuesto de tres concavidades, el ojivo de dos, y el formero tiene también dos, con la peculiaridad de que el final de la moldura acaba con una pequeña inclinación. Valldigna es una mezcla entre estos dos edificios, con un comienzo de moldura con dos concavidades y luego un baquetón. El perfil de ojivos y perpiaños es similar, aunque uno es mayor que el otro.

Trabajo por niveles

Para construir un enjarje se realiza primeramente una montea, en la que quedan definidas la curvas de los arcos, de dónde arrancan y los niveles en que será ejecutado. De esa montea también se pueden extraer medidas para elaborar las plantillas de los perfiles de los nervios según niveles. En un enjarje, al no cortar el nervio radialmente como en el resto del arco, las plantillas deben sufrir deformaciones, que van siendo mayores en las juntas superiores.[7] A continuación, se empiezan a trabajar las piezas, colocando las plantillas correspondientes a cada lecho, situándolas más alejadas del muro y sus referencias iniciales según se va ascendiendo. Este trabajo por niveles es necesario para controlar qué nervios aparecen en cada nivel o, todo lo contrario, para suprimir parte de la moldura evitando así resultados formales indeseados. En los enjarjes valencianos hay partes de molduras eliminados debido a que su presencia haría confusa la precepción del conjunto y, por otro lado, hay partes de molduras que permanecen y cuya presencia no está justificada.

En los tres edificios se eliminan restos de ojivos en la primera pieza de los enjarjes ya que, si se siguiese el trabajo con plantillas de manera exhaustiva, aparecerían piquitos de estos nervios en el intradós de los perpiaños. En el enjarje de la esquina de La Trinidad que hemos medido quedan estos restos (figura 11). Puede tratarse del primer enjarje de esquina que se ejecuta en el claustro, ya que en el resto se suprimen.

En el enjarje de Valdecristo, además, se suprime una parte de la moldura del nervio perpiaño que pasaría a través del ojivo y se encontraría con el muro. Es eliminada, presumiblemente, para propiciar una intersección más clara entre los ojivos y el muro. Y para también evitar resolver complejas intersecciones de molduras en el proceso de labra. Esto no pasa, sin embargo, en Valldigna, donde sí que aparece un res-

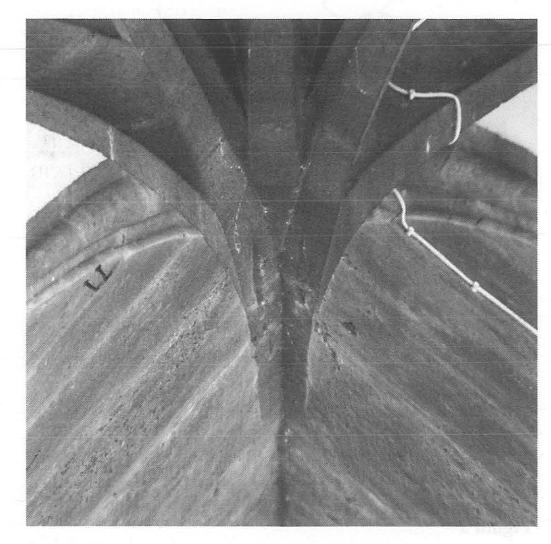


Figura 11
Restos en la esquina de La Trinidad (foto de la autora 2013)

to de la moldura del perpiaño encontrándose con el muro tras atravesar el nervio ojivo. Ocurre precisamente en el sexto nivel del enjarje y supone la ejecución por parte del cantero de una intersección compleja, ya que este resto es parte del baquetón de la moldura del perpiaño e interseca la segunda concavidad del ojivo y parte de su baquetón.

El uso de plantillas deformadas es necesario dependiendo de la altura del nivel y el tamaño de la bóveda. Sería posible no realizar plantillas para los primeros niveles de los enjarjes estudiados, hasta que se produce el primer cambio en el perfil, es decir, cuando aparece la segunda concavidad.[8] El ejemplo de Valldigna, con un enjarje de gran tamaño y unas bóvedas muy grandes, podría propiciar incluso el uso de la plantilla sin deformar en algún nivel superior más. Sin embargo, vemos factible la realización de plantillas para todos los niveles, puesto que no supondría mucho más esfuerzo al maestro y favorecería un mayor control de la obra. Así aparece en el tratado de Joseph Gelabert, dentro de la misma tradición constructiva (Rabasa 2011b, 370-372).

Altura de hiladas

Los enjarjes de La Trinidad están compuestos por 5 piezas, con una altura de hiladas variable en el muro pero bastante homogénea en la esquina. Los tres tipos de enjarje de este claustro no se corresponden en altura. En Valdecristo, los enjarjes del muro están también compuestos de 5 piezas, con alturas de hiladas homogéneas. El caso de Valldigna es el que presenta más peculiaridades, ya que todos los enjarjes tienen la misma altura de hiladas, pero no son homogéneas. Prácticamente todas las piezas del enjarje tienen la misma altura, menos las piezas 5, 7 y 8, de altura menor. Pudiendo haber hecho los enjarjes con piezas de igual altura no se entiende por qué esta preocupación por hacer estas piezas más bajas en todos los enjarjes.

Soluciones para la última pieza

La última pieza del enjarje es aquella en la que se talla en la parte superior los nervios la inclinación precisa para recibir las primeras dovelas del arco. Lo más común es disponer en esos planos inclinados la plantilla completa, y a partir de su línea de trasdós cortar en horizontal. El enjarje de Valldigna presenta una solución especial, con un antecedente similar realizado por Guillem Sagrera en Mallorca. Este tema es tratado en un artículo sobre la Lonja de Palma que está pendiente de publicación. Es posible que quien proyectara el refectorio de Valldigna conociese la solución de Sagrera, pues forzarse a terminar el enjarje de esta manera acarrea más complicaciones que hacerlo de un modo más convencional.

Conclusiones

Muchos elementos arquitectónicos tardogóticos, entre ellos estos enjarjes de molduras convergentes, han sido explicados hasta ahora desde un punto de vista meramente estilístico. Esta nueva aproximación, a través del estudio de su concepción, muestra la gran variedad de estrategias geométricas y constructivas de las que cada maestro hacía uso. La innovación tecnológica que supuso esta nueva forma de entender el diseño de bóvedas góticas queda patente en los tres ejemplos valencianos. Hemos comprobado que se puede llegar a tres soluciones formalmente similares pasando por geometrías y diseños diferentes; que probablemente los maestros hiciesen uso de maquetas en el proceso de creación; y que el trabajo por niveles con las plantillas es fundamental para el control del resultado final y la talla de las piezas.

Diseñar un enjarje de estas características sin conocimientos previos no es sencillo, ni seguramente probable; y su resultado difícilmente sería tan brillante como el de los edificios estudiados. Todo ello nos lleva a plantear su vinculación con anteriores ejemplos europeos o sagrerianos.

Notas

1. Domenge (2009) ha localizado varios ejemplos tempranos de enjarjes con intersección de molduras en Francia entre los que se encuentra este de Aviñón.
2. Este claustro será abordado en un artículo pendiente de publicación por Senent y Pérez de los Ríos.
3. La aproximación histórica a los edificios la desarrollaremos próximamente en el capítulo de un libro sobre bóvedas valencianas que está pendiente de publicación.

4. Este trabajo forma parte del proyecto de investigación «Construcción en piedra de cantería en los ámbitos mediterráneo y atlántico. Análisis de ejemplos construidos» financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (BIA2009-14350-C02-01); y de la tesis doctoral de Carmen Pérez de los Ríos *Aspectos formales y constructivos en la obra de Guillem Sagrera: el uso de las plantillas* dirigida por Enrique Rabasa Díaz. Queremos agradecer al profesor Rabasa sus comentarios y ayuda durante el proceso de estudio y análisis de los enjarjes. También queremos agradecer su disposición y amabilidad durante la toma de datos a las hermanas del monasterio de La Trinidad, en especial a la Madre Inmaculada; al Ayuntamiento de Altura; y a la Fundació Jaume II el Just.
5. Estamos a la espera de una analítica para saber la naturaleza de una dovela encontrada en Valdecristo.
6. Rabasa y Pérez de los Ríos (2013) han comprobado la dificultad de diseño de un enjarje en el Taller de Cantería de la ETSAM y la gran variedad de soluciones posibles y no deseables con pequeñas variaciones en la salida de los nervios.
7. Rabasa (2000, 2007, 2011a) y Rabasa y Pérez de los Ríos (2013) han profundizado en el uso de plantillas deformadas y su utilización en la construcción de enjarjes.
8. illis (1842, 9) afirma que en algunas situaciones no es necesario el uso plantillas deformadas y se puede ejecutar el enjarje con una única plantilla.

LISTA DE REFERENCIAS

Cabanes Pecourt, Mª Desamparados. 1974. *Monasterios Valencianos*. Valencia: Universidad de Valencia.

Domenge i Mesquida, Joan. 2009. «Guillem Sagrera et lo modern de son temps». *Revue de l'art*, nº 166-4, pp. 77-90.

Girona i Llagostera, D. 1906-11. «Epistolari del rey en Marti d'Aragó (1396-1410)». *Revista de la Asociación Artística Arqueológica Barcelonesa*, nº 56-58, pp. 187-309.

Toledo Girau, J. 1946. «El monasterio de Valldigna y sus abades comendatarios». *Boletín de la Sociedad Castellonense de Cultura*. Castellón de la Plana.

Martínez García, José Manuel. 1998. *Guía del monasterio de Santa María de Valldigna*. Simat de Valldigna.

Michler, Jürgen. 1998. «Studien zum Bebenhäuser Sommerrefektorium». *Jahrbuch der Staatlichen Kunstsammlungen,* nº 35, pp. 43-77. Baden-Württemberg.

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.

Rabasa Díaz, Enrique. 2007. *Guía práctica de la estereotomía de la piedra*. León: Centro de Oficios de León.

Rabasa Díaz, Enrique. 2011a. «Plantillas y Maclas». *La arquitectura tardogótica castellana entre Europa y América*, pp. 435-443. Madrid: Silex ediciones.

Rabasa Díaz, Enrique. 2011b. *El manuscrito de cantería de Joseph Gelabert*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Rabasa Díaz, Enrique y Carmen Pérez de los Ríos. 2013. «Late Gothic as an expression of procedure». *Traces of Making*. (en prensa). Dresden.

Senent, Rosa et al. 2012. «The Irregular Ribbed Vault of the Sacristy of the Cathedral of Saint-Jean Baptiste in Perpignan». *Nuts & Bolts of Construction History: Culture, Technology and Society. Proceedings of the Fourth International Congress on Construction History*, vol. 3. Paris: Picard.

Serra Desfilis, Amadeo y Matilde Miquel Juan. 2009. «La capilla de San Martín en la cartuja de Valldecrist: construcción, devoción y magnificencia». *Ars Longa*, nº 1 18, pp. 65-90.

Willis, Robert. 1842. «On the construction of the vaults of the Middle Ages». *Transactions of the Institute of British Architects*, pp. 1-69.

Zaragozá Catalán, Arturo. 1995. «Real Monasterio de la Trinidad (Valencia). Monumentos de la Comunidad Valenciana. Catálogo de Monumentos y Conjuntos declarados e incoados». *Valencia, Arquitectura Religiosa*, a cargo de Joaquín Bérchez Gómez, pp. 140-149. Valencia: Generalitat Valenciana.

Zaragozá Catalán, Arturo. 2000. *Arquitectura Gótica Valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana.

Zaragozá Catalán, Arturo y Mercedes Gómez-Ferrer Lozano. 2007. *Pere Compte, Arquitecto*. Valencia: Generalitat Valenciana.

Zaragozá Catalán, Arturo y Javier Ibáñez Fernández. 2011. «Materiales, técnicas y significados en torno a la arquitectura de la Corona de Aragón en Tiempos del Compromiso de Caspe (1410-1412)». *Artigrama,* nº 26, pp. 21-102.

La construcción de la cúpula de la iglesia de San Juan Bautista (Cox, Alicante)

Juan Carlos Pérez Sánchez
Vicente Raúl Pérez Sánchez
Encarnación García González
José Manuel Mateo Vicente

El empleo de bóvedas de ladrillo en el levante español es de sobra conocido. En concreto, enel ámbito de la provincia de Alicante, fundamentalmente a lo largo del siglo XVIII, se construyeron multitud de templos donde se ensayaron distintos elementos abovedados ejecutados con ladrillo y yeso.De ellos, destaca la cúpula, localizada en el crucero y trasdosada al exterior, que se convertiría en el elemento común y característico en la mayoría de templos.

Pese a encontrar distintas formas de proceder en la construcción de las distintas cúpulas, se pueden observar características comunes a todas ellas, donde materiales, geometría y sistemas constructivos se repiten.Ejecutadas a rosca, tabicadas o por combinaciones de ambas, simples o dobles y normalmente peraltadas tanto interior como exteriormente, fueron construidas las distintas cúpulas que coronan los templos de la provincia. Una variedad de sistemas en los que se ensayarían las distintas formas propias y heredadas de construcciones abovedadas de ladrillo.

El estudio realizado analiza la cúpula del crucero de la iglesia de San Juan Bautista de Cox, buscando en ella patrones constructivos de la arquitectura de la época mediante el análisis de los elementos que la conforman y los procedimientos constructivos seguidos.

Antecedentes

El templo objeto de estudio, está situado en el municipio de Cox, al sur de la provincia de Alicante, en la comarca de la Vega Baja del Segura, cerca de las poblaciones de Callosa de Segura y de Orihuela, conocidas por su riqueza monumental.

Es de estilo Barroco-Neoclásico, construido entre los años 1774 y 1778, siendo una obra del arquitecto Miguel Francia, que participó en la construcción y

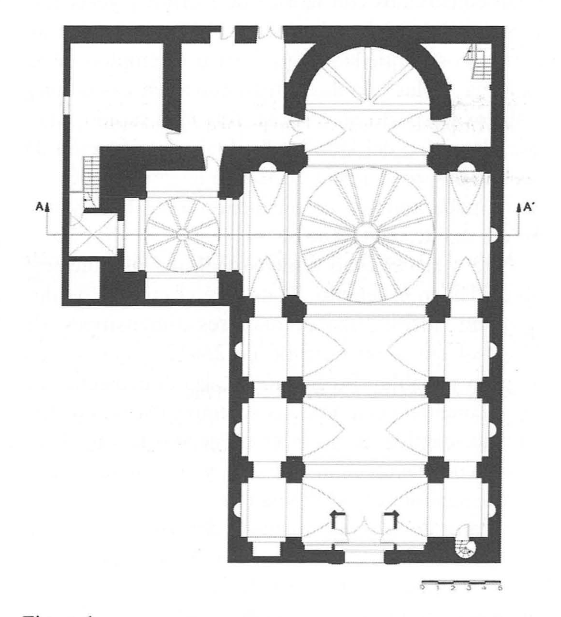


Figura 1
Planta de la iglesia San Juan Bautista de Cox (dibujo del autor 2012)

restauración de numerosos templos de la zona, siendo durante un largo período arquitecto de la diócesis. Destaca su intervención enlos templos de Albatera, Catral, San Felipe Neri, Dolores, San Fulgencio, y Callosa de Segura.

La planta del templo tiene forma de cruz latina de nave única, con capillas laterales comunicadas entre sí, y capilla de la virgen ubicada en el transepto con forma en planta de cruz griega, en ambos casos coronadas con sendas cúpulas, modelos muy repetidos en los templos de la época (figura 1).

La cúpula del crucero fue concluida en 1778, utilizando ladrillo a rosca en su construcción, empleando así el mismo procedimiento que en otros templos diseñados por Miguel Francia. Erigida sobre pechinas, con tambor circular y coronada con linterna, su sólida construcción ha hecho que perdurara en el tiempo soportando incluso las sacudidas del terremoto de 1829, del que sin embargo quedaría dañada, restaurándose finalmente en el año 1989.

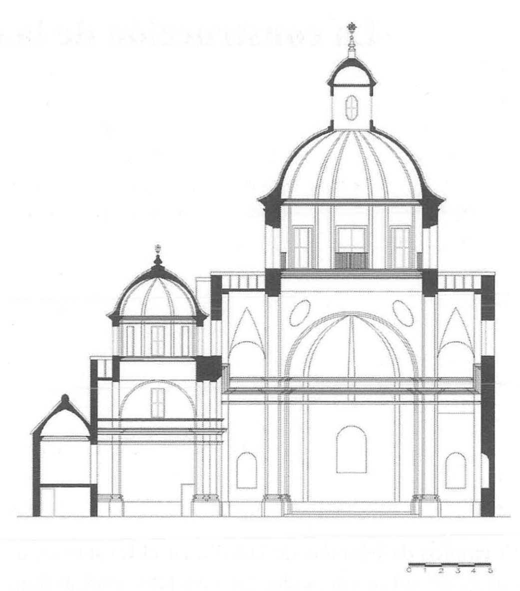


Figura 2
Sección de la iglesia San Juan Bautista de Cox (dibujo del autor 2012)

Análisis de los elementos de sustento

Tanto la cúpula como los elementos que la sustentan están construidos con fábrica de ladrillo y yeso. Las ventajas del empleo del ladrillo se traducían en un menor coste, quedando en desuso el empleo de la cantería en las cúpulas, utilizándose en casos muy aislados.Respecto al yeso, su fraguado rápido junto con el empleo del ladrillo, facilitaba la ejecución de las cúpulas, reduciendo el empleo de cimbras, lo que participaba también en un menor coste final y una mayor rapidez de ejecución.

Pese a la variedad dimensional, de las muestras obtenidas en el templo, se deduce el empleo de dos tipos de ladrillo, uno de mayores dimensiones, de 30x16x4 cm, y otro menor, de 25x12x4 cm, siendo su peso variable[1]. En función de las dimensiones de los elementos constructivos se empleaba uno u otro ladrillo, empleando en la construcción de cúpula el ladrillo de mayores dimensiones, y en la linterna y su remate superior el ladrillo menor.

A partir de la planta cuadrada del crucero, se desarrollan los machones, que sirven de arranque de los arcos fajones, y entre ellos las pechinas como elementos de transición del cuadrado al círculo que sirve de arranque del tambor sobre el que se construye la cúpula y sobre ésta la linterna (figura 2).

Los empujes de los arcos son contrarrestados gracias a la disposición de muros en el crucero en las dos direcciones que conforman el cuadrado donde se inscribe el círculo de la cúpula. Su espesor de 1,20 m. y su longitud de 3,80 m. en el lado corto, garantiza dicho contrarresto, siendo la relación entre la luz del arco toral y la longitud del estribo prácticamente de L/2[2].

La forma en planta de los machones o columnas que conforman el crucero no es casual, y de ellas depende el desarrollo posterior de las pechinas. En este caso, presentan una transición en chaflán, llamada también de boquilla, facilitando de esta forma la transición, mediante pechinas, del cuadrado al círculo que sirve de arranque al tambor.

Una vez construidos los muros, estribos y machones o columnas, se realizaba la construcción de los arcos, con forma de medio punto y construidos con aparejo a rosca de ladrillo y yeso. Para su construcción fue necesario el empleo de cimbras de madera, levantándose sobre ésta de forma simétrica, por ambos lados del arco, para repartir el peso y evitar posibles deformaciones durante la ejecución que pudieran producir su colapso.

Dado que la construcción de los arcos torales era previa a la construcción de pechinas y anillo, se debía conseguir que quedaran unidos, para lo que se dejaban enjarjes durante la construcción de los laterales de los arcos que quedaban en contacto con las pechinas, y en la parte superior de los mismos en la que posteriormente se construiría el anillo, consiguiendo así la unión entre ellos[3].

En las fotografías de la restauración del templose aprecia que, mientras los arcos fajones de la nave central son de un espesor de un ladrillo y medio, los arcos torales son de dos ladrillos de espesor, siendo su anchura algo superior a la del tambor (figura 3). Esto es debido a que soportan la carga del anillo, tambor, cúpula y linterna. También en este caso el ancho del arco toral es algo superior al espesor del anillo, siendo la luz libre entre machones del crucero de 7,66 m.

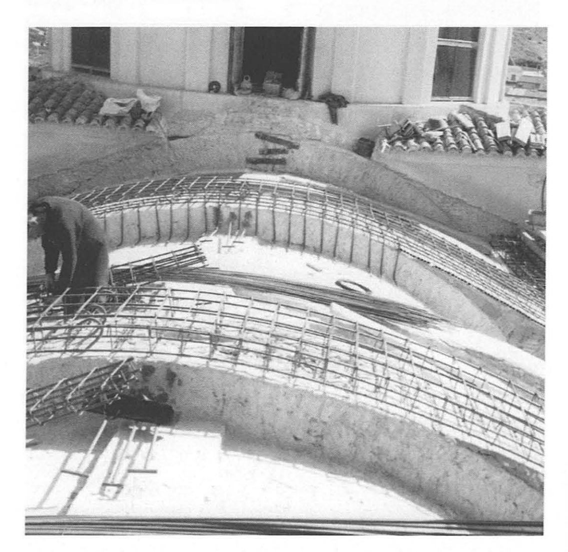


Figura 3
Arcos torales de fábrica de ladrillo a rosca (Archivo Parroquial de San Juan Bautista de Cox 1990)

Una vez construidos los arcos torales, y habiendo dejado en ellos los enjarjes necesarios para su unión, se ejecutaban las pechinas. Éstas se construían algo retranqueadas respecto a las aristas de los arcos torales, asegurando de esta la transmisión de empujes y facilitando su ejecución. Para su ejecución se necesitaba un cordel sujeto en el centro de la esfera, colocando las sucesivas hiladas de ladrillo voladas hasta coincidir con el remate superior de los arcos y arranque del anillo[4]. Como cualquier bóveda que finalmente era macizada en su trasdós, cargando así sobre los arcos torales.

La construcción de las pechinas se resolvió por roscas horizontales, al ser su arranque en boquilla, a partir del cual se desarrollaban las distintas hiladas voladas, trabándose con los arcos torales en los que previamente se había previsto enjarjes durante su construcción[5].Esta forma de construir las pechinas por hiladas voladas es más sencilla, y por tanto la que con seguridad emplearon en su construcción, siendo ésta a la que se refieren los textos[6]. En ella, la solución del encuentro de la pechina con el anillo es más fácil de resolver al estar ambos elementos en el mismo plano horizontal, siendo el anillo una continuación vertical del círculo definido por las pechinas en el encuentro con el plano horizontal de arranque del anillo. Posteriormente, una vez formada la bóveda, eran trasdosadas con relleno de argamasa y cascotes, rellenando el espacio triangular entre la pechina y la continuación de los arcos torales.

Sobre los arcos torales y pechinas, se construía un anillo de fábrica de ladrillo que servía de elemento de unión de ambos.En este caso el anillo es de planta circular y está bien diferenciado del tambor al ser su



Figura 4
Construcción del anillo (Archivo Parroquial de San Juan Bautista de Cox 1990)

espesor algo mayor que el de éste, y coincidir prácticamente con el alféizar de las ventanas. La construcción del anillo se resolvió con fábrica de ladrillo colocado a tizón, y como se observa sin prestar mayor atención al desarrollo del aparejo, no dejando prácticamente trabadas las distintas hiladas (figura 4).

La forma en planta del tambor también es circular, y al igual que el anillo está resuelto con fábrica de ladrillo. Para la iluminación interior se dispusieron 8 huecos orientados según la distribución del crucero, reduciendo también su peso. En cuanto a sus dimensiones, el tambor tiene una altura total de 8,64 m., un diámetro interior de 4,31 m., y un espesor de muros de 0,85 m. Con estas dimensiones, se obtiene una relación entre el diámetro y la altura del tambor de D/2. Respecto al espesor del tambor en función del diámetro del mismo, se obtiene una relación aproximada de D/10[7].

ANÁLISIS DE LA CÚPULA

Respecto a le geometría, se trata de una cúpula de perfil peraltado coronada con linterna. La relación entre la flecha y diámetro de la cúpula determina un valor de 0,58 de peralte[8](figura 5).

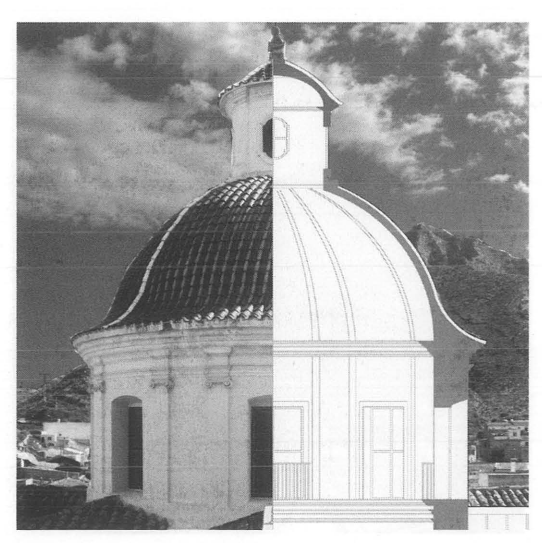


Figura 5
Fotomontaje de la cúpula con sección de la misma (dibujo y foto del autor 2012)

El espesor en la zona superior de la cúpula es de unos 0,15 m., esto es un espesor del orden de 1/40 del radio de curvatura. En las zonas inferiores, al estartraccionadas, se recurriría a mayores espesores a modo de estribos de contrarresto de los empujes de la cúpula. Este contrarresto de la cúpula se resolvió en este caso con lengüetas de ladrillo a panderete, separadas la dimensión de soga del ladrillo. Con ello se reducía considerablemente el peso sobre los arcos torales y al mismo tiempo servía de contrarresto (figura 6).



Figura 6
Contrarresto de empujes en la cúpula (Archivo Parroquial de San Juan Bautista de Cox 1990)

Este estribo de contrarresto normalmente tiene a ceder hacia afuera, haciendo que la cúpula tienda a agrietarse para adaptarse al movimiento, formándose grietas meridianas, que en este caso, al tener linterna, llegaban prácticamente hasta su arranque, tal y como puede observarse en las fotografías previas a la restauración (figura 7).

La construcción de la cúpula se resolvió con fábrica de ladrillo a rosca, colocado a soga y con yeso como argamasa, lo que permitió su construcción sin cimbras o con cimbras muy ligeras. Se colocaban hiladas de forma que las juntas entre unas y otras quedaran perfectamente trabadas.

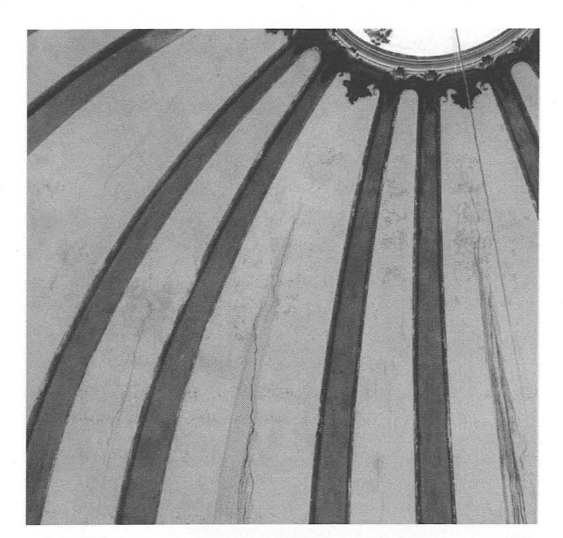


Figura 7
Agrietamiento de la cúpula (Archivo Parroquial de San Juan Bautista de Cox 1990

El arranque de la cúpula coincide con la terminación del tambor. A partir de aquí, se van tendiendo hiladas de ladrillo y yeso con la ayuda de cintreles o cerchas ligeras para que su forma y perfil se ajusten a lo previsto. Cada hilada se cerraba completamente antes de comenzar la siguiente, marcando el cintrel la inclinación del ladrillo y el perfil de la cúpula (figura 8).

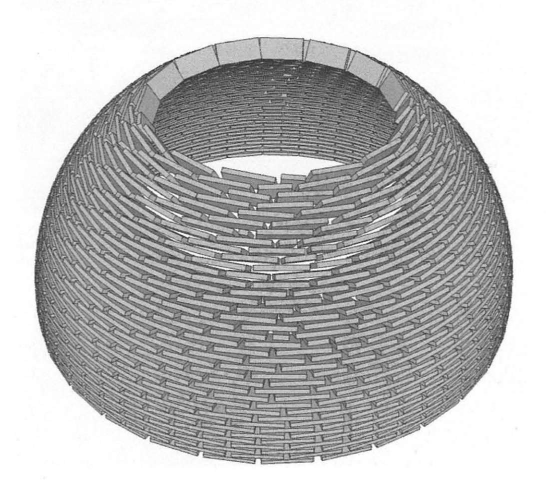


Figura 8
Construcción de cúpula de ladrillo a rosca (dibujo del autor 2012)

Su construcción se solía hacer sin cimbra, o con cimbras ligeras que servían como guía y sujeción, sobre todo en la zona superior, donde la inclinación de los ladrillos respecto a la horizontal es elevada y por tanto de difícil ejecución. Esta inclinación de los ladrillos hace que la dimensión de la junta varíe entre el interior y el exterior, siendo en esta última cara de un espesor similar al grueso del ladrillo, mientras que en la cara interior es menor.

En concreto en este templo, el arranque de la cúpula se resolvería con ladrillos a tizón en las primeras cinco hiladas (figura 9), aumentando de esta forma el espesor de la cúpula en su base, justo donde es más necesario para el contrarresto de empujes. Esta solución constructiva se ha empleado en otras cúpulas de la provincia como es el caso de la cúpula del crucero de la iglesia de los Santos Juanes de Catral, obra también del arquitecto Miguel Francia, que describe el procedimiento a seguir en la memoria de construcción del templo:

> La media Naranja principiara de un Ladrillo de espesor y finalizara de medio;... Los gruesos de Paredes y elevacion de Bovedas y remate sera todo arreglado al Diseño;... (Francia 1763, Ítem 13)

Los andamios necesarios para la construcción de la cúpula se sustentaron en ella, introduciendo las

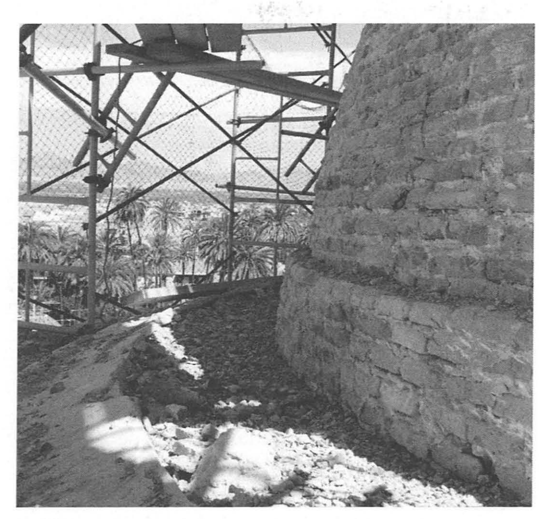


Figura 9
Arranque de la cúpula a rosca con ladrillos a tizón (Archivo Parroquial de San Juan Bautista de Cox 1990)

maderas a la altura necesaria. Para ello, una vez llegada a la altura estimada, se apoyaron las maderas necesarias para formar la plataforma de trabajo desde donde continuar la construcción de la cúpula, dejando un hueco en la fábrica que posteriormente se tapaba una vez se desmontaba el andamio (figura 10).



Figura 10
Huecos en la cúpula para los andamios de madera (Archivo Parroquial de San Juan Bautista de Cox 1990)

Pese a la delgada carcasa con que se construyó la cúpula de fábrica de ladrillo, hay que añadir la construcción de la linterna en su remate, construida con fábrica de ladrillo a soga, con nervios o pilastras a modo de pequeños contrafuertes por la parte exterior, realizados también con fábrica de ladrillo (figura 11).

Análisis de la cubierta de la cúpula

Junto a la manifestación de la cúpula en el exterior, es también característico en las cúpulas de la provincia el perfil de las mismas, formando una contracurva al llegar al tambor, que permitía la evacuación de las aguas. Además, la forma del alero y el número de caballetes de los que consta la cúpula son también rasgos característicos en todas ellas. Una vez

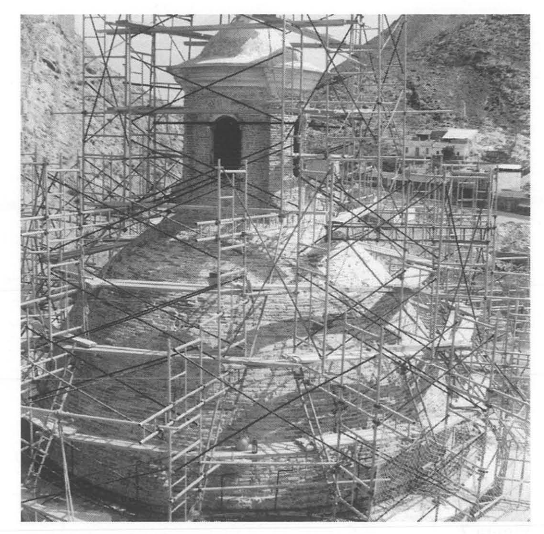


Figura 11
Linterna con nervios resistentes exteriores (Archivo Parroquial de San Juan Bautista de Cox 1990)

construida la fábrica de la cúpula, o paralelamente a su construcción, se realizó un enfoscado del trasdós de la misma con mortero de cal, de varios centímetros de espesor (figura 12).



Figura 3
Arcos torales de fábrica de ladrillo a rosca (Archivo Parroquial de San Juan Bautista de Cox 1990)

Sobre este enfoscado, se marcaron los 8 caballetes de la cubierta de la cúpula que dividían la misma en gajos.Al ser su alero circular, los caballetes se situaban coincidiendo con el punto medio entre ventanas del tambor.

Una vez marcados los caballetes, se marcaba una línea entre uno y otro, y desde el punto medio se trazaba una línea vertical que dividía cada faldón en dos, y que servía de arranque de cada hilada de teja, desde el centro hacia los laterales. Se comenzaba la colocación de teja de abajo hacia arriba y desde el centro de cada faldón hacia los lados. Se iban completando hiladas de cada faldón, colocando primero las canales y luego las cobijas. Era importante realizar el replanteo de la primera hilada que marcaba el arranque y el reparto necesario para la realización del resto de hiladas[9].

Para conseguir una alineación vertical de las distintas tejas canales y cobijas, una vez replanteada y colocada la primera hilada, se trazaban paralelas a la línea que previamente se había realizado en el punto medio del faldón, coincidiendo con cada fila de cobijas. De esta forma se iban completando hiladas de tejas colocadas con mortero de cal, siendo importante que las tejas quedaran sujetas al soporte debido a la excesiva inclinación de las mismas, y que se solaparan suficientemente, para lo que se utilizaba una galga realizada con una madera y un clavo que mantenía el mismo solape en las tejas de la cubierta[10].

Figura 13
Alzado de la cúpula de la iglesia San Juan Bautista de Cox (dibujo del autor 2012)

Para conseguir la forma esférica de la cubierta de la cúpula y poder acoplar las tejas, entre uno y otro faldón se interrumpía la cubierta, cortando las tejas canales y cobijas según la línea marcada que dividía uno y otro faldón (figura 13).

Dado que en la parte baja de la cúpula, se producía una curvatura más pronunciada el solape de tejas se debía aumentar en esta zona para poder conseguir una transición más suave hacia la parte alta, justo donde la curvatura pasa de cóncava a convexa, donde el solape podía ser menor ya que la curvatura es más suave. Con ello se conseguía una transición y se aseguraba la evacuación de las aguas (figura 14).

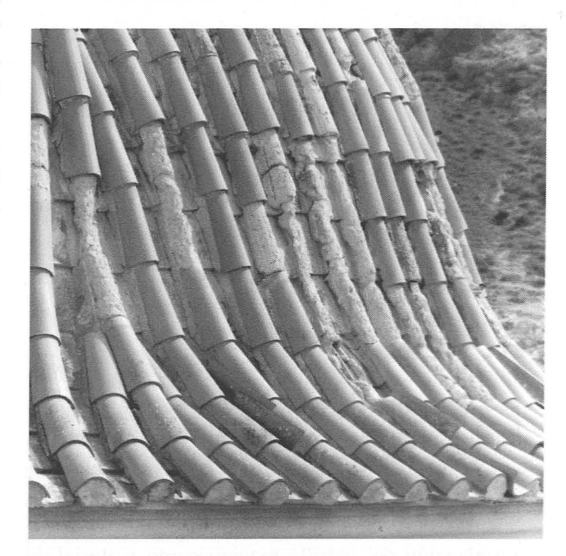


Figura 14
Cúpula desde el exterior antes de la restauración (Archivo Parroquial de San Juan Bautista de Cox 1990)

En este caso, para la cubrición de la cúpula del templo se emplearon tejas de base plana colocadas como canales (figura 15) y tejas curvas como cobijas. En ambos casos las tejas se sujetaron únicamente con mortero, cosa que contrasta con muchas cúpulas de la provincia donde se ha podido comprobar el empleo de clavos para la sujeción mecánica de las tejas[11].Este empleo de dos tipos de teja no se observa



Figura 15
Teja de base plana como canales (Archivo Parroquial de San Juan Bautista de Cox 1990)

en muchos templos de la provincia, donde la aparición de teja árabe permitió abandonar esta duplicidad adoptándose una forma única para ambas piezas.

Conclusiones

Tras el análisis de la cúpula se puede concluir que su construcción se realizó siguiendo las reglas de la construcción y dimensiones recomendadas en los tratados y que posteriormente se recogerían en el tratado de Fornés i Gurrea con el que coincide tanto en geometría como en construcción.

La elección del ladrillo macizo como material de construcción de las cúpulas se generalizó durante el siglo XVIII en la provincia. Son muchas las ventajas que se le pueden atribuir al empleo del ladrillo y yeso en la construcción de cúpulas como son su mayor economía, facilidad de adaptación, menor peso y menor empuje, ausencia de cerchas o cerchas muy ligeras y rapidez de ejecución.

En este caso, la cúpula está resuelta con hiladas colocadas a soga, excepto en las primeras, donde se colocó el ladrillo a tizón para favorecer el contrarresto de empujes durante su construcción y dar mayor estabilidad al conjunto. Esta forma de proceder se ha empleado en otros templos de la zona, también del arquitecto Miguel Francia.

El espesor de esta cúpula construida a soga es de unos 15 cm., esto es un espesor del orden de 1/40 del radio de curvatura. De los datos consultados en las distintas restauraciones y por la facilidad de construcción, se deduce que esta forma de construir es mayoritaria en las cúpulas de la provincia, siendo las cúpulas tabicadas minoritarias.

Su perfil es peraltado es también una característica propia, aunque en este caso queda desdibujado al rematarse la cúpula con una linterna de ladrillo de dimensiones considerables, pese a lo cual su estructura ha permanecido prácticamente intacta a lo largo de los años lo que denota el buen hacer y perfecto conocimiento de estas técnicas de construcción.

Notas

1. (Fornés i Gurrea 1871, 30) habla también del empleo de dos tipos de ladrillo, uno de mayor espesor que el otro de forma que la ejecución de fábricas queden macizas y con espesores de yeso controlados, sobre todo cuando las fábricas a ejecutar tienen forma curva, quedando mayores espacios entre ladrillos, pudiendo emplear en estas zonas ladrillos de menor espesor: «Las roscas de las pechinas se forman horizontales o verticales… Al efecto será bueno tener ladrillos delgados y gordos para hacer sus roscas más sólidas, sin necesidad de que lo supla el yeso».
2. (San Nicolás 1639, 31) dio mucha importancia a los estribos y sus reglas fueron citadas en muchos tratados de arquitectura posteriores. Ofrece una serie de reglas geométricas sencillas sobre las medidas de los estribos en función de la luz y del material de que se forma la bóveda. Lo hace para el tipo de templo más usual en la época, es decir, iglesia de una nave con bóveda de cañón de medio punto con lunetos, con planta en cruz latina, y cúpula en el crucero. Recomienda una dimensión deL/5 para los muros que resisten una bóveda tabicada, frente a L/4 para sostener una bóveda de rosca de ladrillo y L/3 para una de piedra, siendo la dimensión obtenida de la longitud de muro con función de estribo en el crucero considerablemente superior en este templo.
3. (Fornés i Gurrea 1871, 29-30) indica que se deben dejar ranuras en la parte interior de los arcos del crucero para la unión de las roscas de las pechinas que se construirán posteriormente. Además, en la clave de dichos arcos torales se dejarán ladrillos en forma de espigón para enlazar el arco horizontal o anillo que sirve de arranque del tambor o cúpula. (Soler 1995, 181) propo-

ne también una solución de un aparejo a rosca para los arcos torales que deja medio ladrillo saliente en la parte superior del arco para enlazar el mismo con el anillo superior, resuelto con hiladas horizontales. (Francia 1763, ittem 10), también habla de la construcción de arcos de ladrillo y medio de espesor para unos 8 metros de luz y menciona la necesidad de dejar ranuras en los mismos para la unión con las bóvedas.

4. (San Nicolás 1639, 75-76), explica cómo deben levantarse las pechinas de ladrillo trabándolas con los arcos torales, y construyéndolas algo más rehundidas que el saliente de los arcos. En su construcción menciona el empleo de un cordel, sujeto de una boquilla a la opuesta, y en el punto medio de éste se colocaría otro cordel sujeto que marcaría el centro de la esfera. En cuanto a la colocación de las distintas hiladas explica que se construían voladas unas sobre otras, macizando las mismas en su cara interior.
5. (Fornés i Gurrea 1871, 30-32) justifica el empleo de roscas horizontales cuando el crucero no forma ángulo recto, sino boquilla por ser menor el vuelo de los ladrillos y quedar de esta forma su empuje correctamente contrarrestado. Habla además del empleo de dos tipos de ladrillo, unos más delgados y otros más gruesos para evitar de esta forma grandes espesores de yeso y que su construcción quede más sólida y resistente, lo que coincide con las dos dimensiones de ladrillos encontradas en la iglesia de San Juan Bautista de Cox.
6. (Francia 1763, Ítem 12) explica esta forma de construcción de pechinas de ladrillo y yeso por avance de hiladas.
7. (García 2008, 544) realiza un estudio de 35 diseños con cúpulas del Catálogo de Diseños de arquitectura de la Real Academia de BB. AA. de San Carlos de Valencia, 1768-1846, en el que obtiene valores medios de espesor y altura del tambor muy superiores a los obtenidos en la iglesia San Juan Bautista de Cox.
8. (Fornés i Gurrea 1871, 36-37), recomienda darle a las cúpulas proporción esbelta tanto por motivos estéticos como por motivos constructivos. Además establece las dimensiones de dicho peralte, fijándolo en dos tercios del diámetro de la cúpula, es decir, una relación entre la flecha y el diámetro de 0,66, valor superior al obtenido.
9. (Fornés i Gurrea 1871, 43-44) hace referencia a la importancia del replanteo en el arranque de la cubierta, coincidiendo con esta forma de proceder: «La práctica de tales tejados se reduce a que hecho, según acabo de indicar,el reparto o delineación de canales y cubiertas en las distancias que resultan marcadas, donde se han de hacer los caballetes, se empiezan a colocar las tejas por el centro de ambas distancias, rematando las hileras en la línea de los caballetes, los cuales cubren la concurrencia de las hileras de una y otra parte».
10. (Fornés i Gurrea 1871, 43-44) incide en la importancia del solape de las tejas, empleando un escantillón para mantener un solape constante: «Cuando se construya, se tendrá un escantillón para que las tejas cubiertas se conserven siempre a igual distancia de la superficie de la bóveda, cuya perfecta práctica produce muy buen efecto en la escenografía de aquella».
11. (Francia 1763, Ítem 14) sin embargo, hace referencia a la necesidad de clavar las tejas al soporte especificando el procedimiento a seguir en las cobijas y en las canales.

Lista de referencias

Archivo Parroquial de la iglesia de San Juan Bautista de Cox. 1990. *Restauración de la iglesia*. Cox.

Fornés i Gurrea, Manuel. 1841.*Observaciones sobre la práctica del arte de edificar*. Valencia: Imprenta de Cabrerizo.

Francia, Miguel. 1763. *Condiciones q. se han de observar en la nueba obra de la Iglª. Parroquial de la villa de Catral*. Catral: Archivo Parroquial, Libro II, G30.

García Jara, Francisco. 2008. *Las cúpulas de la arquitectura religiosa de la provincia de Alicante: del renacimiento al siglo XIX*. Tesis doctoral. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica.

San Nicolás, Fray Lorenzo. 1639. *Arte y uso de arquitectura. Primera parte*. Madrid.

Soler Verdú, Rafael. 1995. *La cúpula en la arquitectura moderna valenciana. Siglos XVI a XVIII. Metodologías de estudios previos, para las arquitecturas de sistemas abovedados*. Tesis doctoral. Valencia: Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia.

La Catedral de Santiago de Cuba cómo ejemplo emblemático de la difusión de saberes entre Europa y Latinoamérica

Elena Perria
Daniela Sinicropi
Michele Paradiso

Durante el largo proceso de colonización llevado a cabo por los españoles en tierras americanas, la necesidad de los colonizadores de construir edificios de delegación en las nuevas ciudades, llevó a una lenta integración de la cultura europea e indígena. Gracias a la llegada de profesionales con marcadas intenciones de imponer sus conocimientos técnicos, se van introduciendo ideas europeas en las técnicas, proporciones, materiales constructivos y aspectos morfológicos. La creación de estructuras de fábrica, praxis constructiva española exportada y utilizada por los colonizadores en el nuevo mundo, no hubo larga vida debido al efecto de los temblores. Fue fundamental saber adaptar las funciones del mundo occidental a los medios con que se contaba en el Nuevo Mundo, materiales, manos de obra y sistemas constructivos. Además, la iglesia cómo centro de la función religiosa, se concibió como requisito funcional europeo con el aporte de la cultura y tradición constructiva local. A pesar de la resistencia de los europeos al adaptar sus hábitos al medio geográfico americano, la existencia de numerosos maestros indígenas en las distintas artes constructivas fue fundamental desde el primer momento, aportando su ayuda en las construcciones realizadas por los conquistadores. Los maestros nativos no solamente dominaban técnicas que adaptaron a las necesidades de los españoles, sino que conocían los problemas y las soluciones constructivas del territorio en el cual vivían. Gracias a las prolongadas discusiones a lo largo de los siglos de colonización, las técnicas europeas y las indígenas se encuentran en el nuevo *sistema colonial*, que gracias a su eficacia, nos ha permitido admirar maravillosas fábricas hasta el día de hoy no obstante los frecuentes terremotos y huracanes.

Evolución histórica de la Catedral: problemas y soluciones ocurridos durante la construcción

La catedral de Santiago fue la primera en Cuba y remonta sus orígenes a la primera mitad del siglo XVI. El edificio, que se caracterizaba por ser el ejemplo de construcción en madera con mayores proporciones de toda la isla, sufrió varias destrucciones y reconstrucciones durante el siglo XVII: uno entre los años 1640 y 1684 y otro desde 1686 a 1690, intentando mantener en buen estado una estructura que estaba cimentada sobre un terreno con continuos movimientos, sujeto a los ataques de los piratas y a la furia de los frecuentes huracanes. Surgió por consiguiente la necesidad de construir un edificio que fuese sólido y representativo del poder eclesiástico en la Colonia.En la construcción de la tercera catedral intervinieron el ingeniero José del Monte, el maestro de albañilería Gonzalo Merino y el de carpintería y alarife de la ciudad Francisco de Pliego. La catedral era de tres naves, orientadas según las Leyes de India este-oeste; la fachada era caracterizada por la presencia de una torre campanario y un cementerio se hallaba entorno a la iglesia echa de cal y ladrillos. Inte-

riormente era toda de madera toscamente labrada y se dispuso que de horcón a horcón se tirasen unos arcos de madera. Siguieron añadiéndole una elegante torre y una cúpula durante la década siguiente.

En 1766 un fuerte terremoto destruyó la mayoría de los edificios de la ciudad, muchas iglesias y parte de la catedral correspondiente a la capilla mayor, la única parte que fue construida sin el soporte de la horconadura en madera. El proceso de reconstrucción llevó docenas de años de propuestas y revisiones de proyectos, determinando una lucha entre las teorías arquitectónicas y estilísticas procedentes de la península ibérica y necesidades fisiológicas de la ciudad caribeña.

En 1777 el Rey mandó a redactar un nuevo plan por el ingeniero Buenaventura Buceta, Teniente Coronel de la Infantería, aprobado en el febrero de 1784 (figura 1). La catedral estaba formada por «una planta de tres naves con capillas a cada lado, transepto ligeramente saliente y cabecera de giróla con absidiolos. ... Los pilares eran todos de sección uniforme, pero los alternos recibían arcos torales, que dividían la nave en cinco compartimientos cuadrados techados con bóvedas falsas esquifadas. El cálculo de esta obra revela que la estructura principal habría de ser

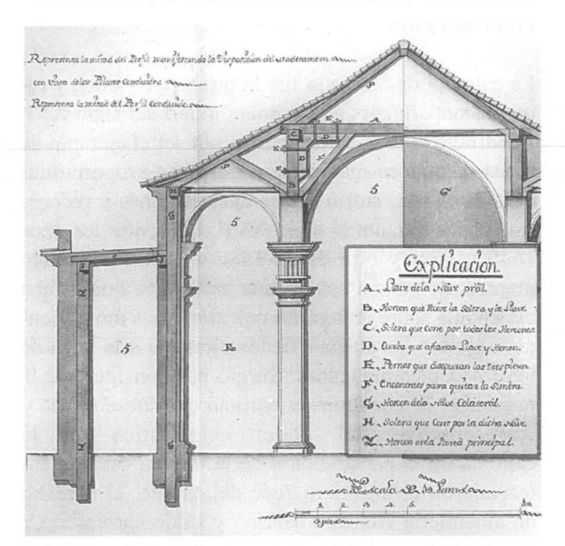


Figura 1
Sección transversal de la estructura de la catedral con horcones redactado por Bonaventura Buceta en el año 1779 contenido en el Archivo de Indias de Sevilla (AGI, MP, Santo Domingo, 448 – 32692436)

un esqueleto o armazón de horcones de madera dura para resistir a los terremotos. En la fachada ... la nave central se acusa por un hastial en forma de retablo, tratado con lastras pareadas superpuestas y un coronamiento de volutas y pináculos; ... a las naves laterales corresponden cuerpos más bajos rampantes que forman el tránsito a las torres, de moderada altura, compuestas de cuatro pisos escalonados»(Angulo 1936-39, 1: 125-127, láminas 45-46).

Hubieron primeras disputas cuando la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid, institución encargada de la examina final de los proyectos, encargó modificaciones en los planos aprobados por «defectos esenciales en la disposición y en la forma» (RABASF, 32-5/2).

En España, la técnica de cúpulas y bóvedas en madera se había utilizado durante los dos siglos anteriores por la necesidad de disminuir el costo de las construcciones debido a una asfixiante recesión que afectó la Corona española. El uso de tal tipo de carpinterías era también motivado por el advenimiento del estilo Barroco; al obligar a idear métodos baratos para la transformación espacial de las naves de los templos existentes, se ayudó el desarrollo y la difusión de las bóvedas encamonadas. La construcción mediante madera era entonces un símbolo de falta de recursos, ahorro de dinero y materiales, y estaba principalmente utilizado en iglesias pequeñas o de poca importancia. Esto no era el papel que la Corona quería asignar a la catedral de Santiago, sede del Arzobispado de la isla de Cuba, y ante el rechazo de los planos enviados desde América y la dificultad de conseguir otros que se adaptaran a las formas y características exigidas por la Academia, el rey decretó que fuera la misma Institución quien se ocupara de realizar los planos. Fue encargado de realizar el proyecto el arquitecto real Manuel Martín Rodríguez, que en el 1797 remitió a informe 6 diseños (AHN, Consejos 21.401),que serían aprobados en su totalidad en 1798.En el documento contenido en el Archivo de la Real Academia se descrive la catedral:

> Fue concebida sobre al terreno que ocupaba la antigua Catedral y su cementerio, extendiéndose hasta un tercio de la plaza; era su ancho de 59 varas 1 pie y su largo de Norte a sur de 80 varas y 2 pies. Su planta se reducía a dos naves principales en forma de crucero. ... Dos pequeñas y graciosas torres que remataban en sus cúpulas...; en medio de estas torres sobresalía la cúpula que cubría el crucero de la iglesia de 69 varas de elevación

sobre el terreno de la plaza, su grueso estaba sobre 16 intercolumnios con un espacio capaz de andar por el liberamente un hombre, el círculo interior estaba cubierto de cristales (ASF, Archivo, sign. 1-43-2).

Las técnicas constructivas que los alarifes españoles llevarona América no contaban con el perfeccionamiento adecuado para funcionar en un medio sísmico tan activo. El gobernador de Cuba recalca al rey la importancia de «construir un templo que conciliase la posición que ocupa y al mismo tiempo se adaptase a la arquitectura del País sobre horcones, que contienen la fuerte vibración de los temblores de que es acometido»(Archivo Museo Arzobispado,Teodoro Moreno 1797).

Más, en 1801 un terremoto que provocó el colapso de gran cantidad de edificios en ladrillo y ocasiona daños a la vieja catedral, revivió el debate técnico sobre la eficiencia sismo-resistente de las estructuras de fábrica, especialmente después de haberse visto el buen desempeño de las estructuras de madera y cuje-existentes en la ciudad[1].

No obstante el rey continuase opinando que la obra debía de hacerse según el plano aprobado por la Academia, en el 1806 el Obispo ordenó el comienzo de las obras, reiterando que el templo debía ser acomodado a la localidad, acometida de terribles temblores. Eso fue la ocasión para que en 1810, basándose en un plano trazado por el teniente de navío Augustín de Zabala y aprovechando de la experiencia del maestro de carpintería Pedro Fernández, fueron empezadas las obras de construcción. La nueva catedral, constaba de cinco naves separadas por pilares formados por haces de horcones de madera dura, con arcos y bóvedas encamonadas del mismo material, para que resistiese a los terremotos. El resultado fue una catedral de valores arquitectónicos y muy singular, gracias a la intervención de Pedro Fernández, maestro artesano conocedor de la realidad santiaguera, que interpretó con ingenuidad y libertad los modelos historicistas adecuándolos a las necesidades concretas.

Está compuesta su planta de [5] naves que solo es regular la del medio y el pilar de los arcos del crucero a no estar este edificio sobre horcones, seguramente estarían ya por el suelo; respecto a que en donde se hallan los púlpitos tiene cerca tres varas de ancho y quiénes son los que sirven de empuje a los arcos laterales de la cúpula, quedando los otros pilares que figuran el empuje por la parte opuesta sólo tendrán una vara de ancho, lo que hace también una vista desagradable y contra todo el orden de arquitectura; los techos que pudieran habérsele figurado unas bóvedas enanetas, se defectuaron echándoles una vara por debajo de las llaves ó soleras un techo de tabla en forma de cañón de bóvedas (Callejas 1911, 93-94).

En el 1852 un temblor causó daños a la catedral, causando la ruptura de «los cuatro arcos torales que sostienen la media naranja, ... del N y O..., habiendo bajado el del O como unas dos pulgadas, se hallaba la Cúpula fura de su plomo, por lo cual creía necesaria la reconstrucción de los arcos torales, de los adyacentes que transmiten su empuje a los contrafuertes, y de la cúpula, que ya desde el principio quedó defectuosa ... su reedificación era apremiante y esencial por ser estos arcos los que transmiten el empuje de las naves del centro y laterales a la pared maestra exterior que le sirve da contrafuerte» (AMA,1852). En 1853 se pidió con urgencia a la Corona española un proyecto y presupuesto para la restauración de la catedral. En el expediente se hace referencia al trazado y cómputo hecho por el arquitecto Francisco Puig.

No obstante el buen desempeño de este sistema constructivo en los años siguientes al arreglo, el cambio de paradigma que vino creándose con el invento del cemento y el hormigón armado, provocó dudas en el material *madera* y la voluntad de intervenir en la fabrica. En el 1920 se ordenaron modificaciones para la Santa Basílica Metropolitana; hicieron reformas generales en estilo ecléctico en toda la fachada del edificio dejando suprimido su estilo propio. Se eliminaron los contrafuertes en las últimas arcadas laterales en correspondencia del transepto, substituido por parejas de columnas dóricas, se agregó un cuerpo más a ambas torres, en hormigón armado. El techo fue regularizado, eliminando las ventanas de aireación de la parte en madera. Más, el atrio fue estrechado y su parte baja, también las caras hacía las calles laterales, socavada para la construcción de locales por comercios (figura 2).

Se originaron modificaciones estructurales en correspondencia del punto de descarga de los esfuerzos de empuje de la cúpula, arcos y cepas, debilitando la parte de la cúpula echa de fabrica; además, clausurando el sistema de aireación de la cubierta en madera, que con dificultad soporta el calor y la fuerte humedad, se va a debilitar también la parte estructural leñosa.

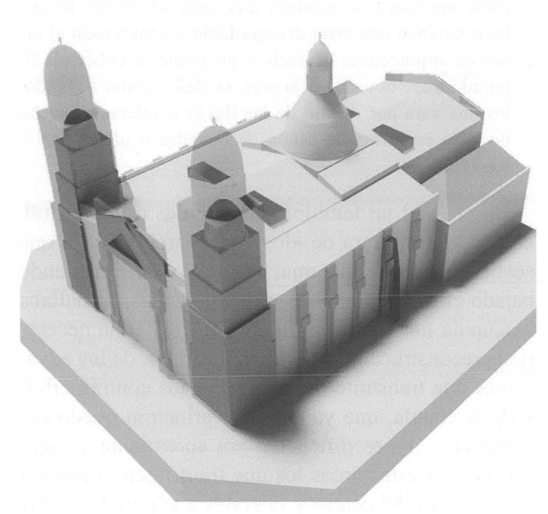


Figura 2
Modificaciones operadas por el arquitecto Carlos Segrera sobre el edificio de la catedral en el 1920. En color *gris oscuro* las partes que vinieron eliminadas y en color *gris más claro* las partes añadidas(ilustración de la autora 2011)

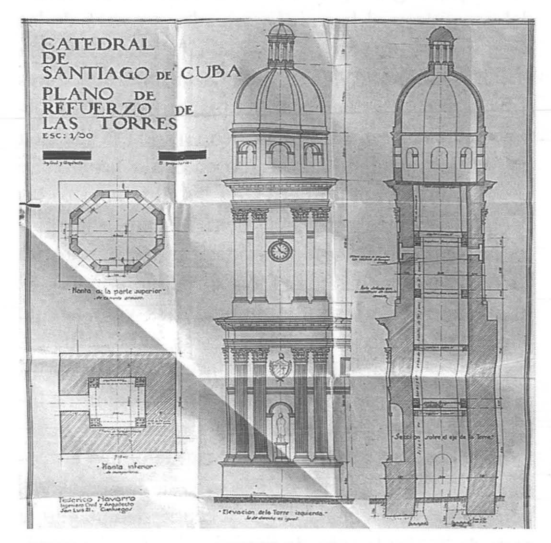


Figura 3
Plano de refuerzo de las torres mediante armazón en hormigón armado proyectado por Federico Navarro en el 1932 (VIVAC 1932)

En el 1932 un fuerte terremoto agrietó peligrosamente las torres. El daño fue muy grave, sobretodo en correspondencia de la zona del segundo y tercer cuerpo, donde fue añadido un elemento superior en hormigón armado lleno, que durante el dicho terremoto causó inestabilidad a la parte inferior en mampostería, por la enorme masa sísmica que tuvo que aguantar. Las torres quedaron en pié gracias a la acción de los estribos en madera presentes en cada nivel, que pero no podían aguantar otro eventual accidente en los años a venir. Para evitar que se derrumbaran, hubo necesidad de construir una armazón interior de hormigón armado que reforzara interiormente las paredes principales y sustentara la pesada cúpula de cierre superior (figura 3).

Finalmente, una última obra de consolidación se efectuó en 1967, cuando en seguida a un incendio de los nervios de la cúpula, lo dañados fueron reparados añadiéndole ancho mediante un entablado clavado en ambas caras, hasta llegar al ancho establecido.

Elementos arquitectónicos y estructurales

La catedral de Santiago de Cuba es una fábrica de planta basilical de dimensiones aproximadamente 58.5 x 33.5 m (70x40 brazos españoles); la fachada

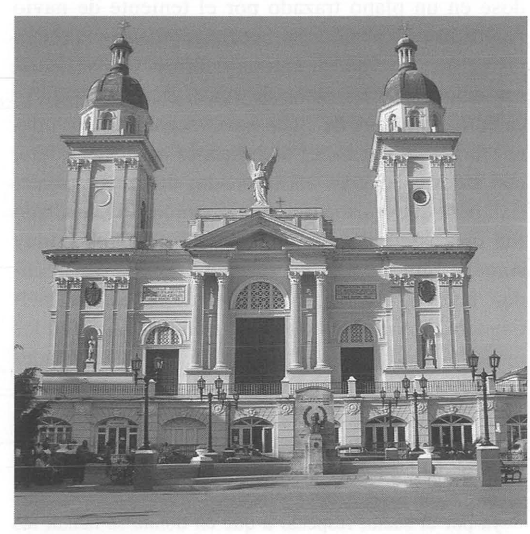


Figura 4
Fachada de la catedral de Santiago de Cuba, desde el Parque Céspedes(foto de la autora 2010)

está enmarcada por dos torres de 31 m de altura rematadas con dos cúpulas. Al centro de la cruz latina, se levanta una cúpula que en el punto más alto llega ad una altura de 14.5 m acabada con una linterna. En la parte posterior, al sur, se adosan a la fábrica principal, los dos cuerpos correspondientes a la casa del cura y el museo de la arquidiócesis (figura 4).

El sistema estructural principal: el sistema colonial

La estructura principal de la catedral se compone por un esqueleto auto portante en madera, que desde las fundaciones sube hasta el techo, constituyendo una estructura isoestática en madera, cuya función es de garantizar la resistencia al sismo. Esta armazón principal se halla adentro de muros en ladrillo o mampostería, que forman una protección a los agentes atmosféricos y al mismo tiempo colaboran a la distribución de las tensiones adentro de la estructura. Vaillant escribe:

> ...todos los edificios civiles terminan su fabrica por lo regular con su techos, aquí es al contrario: primero se concluye el techo, y sucesivamente siguen a terminarlos, cerrándolos con paredes... designan el edificio y a proporción van clavando la Tierra... unas vigas (que aquí llaman horcones) de una madera de consistencia. (Vaillant 1791)

Los cimientos son la parte más delicada u importante porqué se ocupan de transmitir las cargas de la fabrica al estrato resistente del terreno. Los *horcones* son palos enterrados en madera, con la función de pilares; pueden estar agrupados en 'fajos' para garantizar una mayor sección adonde se necesite. La profundidad de las palizadas no es cierta, pero se supone que lleguen a la capa resistente del terreno a una profundidad aproximada de 350 cm, generando un encaje rígido. A lo largo de la iglesia están empotrados alrededor de 62 cepas de madera, con un paso de 5÷7 m. Los grupos de maderos siguen su recorrido vertical, volviéndose elementos verticales de carga. Estos fajos en altura «pierden grueso», hasta llegar con un solo elemento leñoso sobresaliente en la buhardilla (figura 5). Las piezas son variables en su forma y dimensión, por ser de materia bruta y sección circular variable según el ancho del tronco de procedencia, o por tener sección cuadrada de madera toscamente labrada, con lado próximamente 30 cm. Cada pilar llega en su punto más alto hasta más de 10 m de altura, mediante la superposición de varias piezas ensambladas a *caja y espiga*u*horquilla* (ensambles resistentes a la compresión), para garantizar el flujo de las cargas al terreno. En el punto de ensamble con las vigas del techo la parte superior de estos pilares forman una «oreja» para el alojamiento de las soleras.



Figura 5
Nudo de unión del horcon con las vigas horizontales dela armadura. Destaca la madera bruta y los ensambles entre los elementos (foto de la autora 2010)

A la altura de la mansarda se muestra la verdadera innovación estructural. El *par y nudillo*, técnica con la función de contrarrestar los empujes del techo, natural de la cultura española exportada en el nuevo mundo, no está apoyado a los muros perimetrales mediante un dormiente de base, si no que el estribo donde arrancan los pares está anclado a los horcones de madera.

El techo apoya sobre un cuadral rectangular de base formado por un sistema de doble vigas superpuestas: la *solera* inferior de dimensiones 30÷40 x 25 cm, donde se aferran los tirantes, y superiormente la *solerilla*, de sección aproximadamente cuadrada 20 x 20÷25 cm, que con paso regular recibe las carga de las alfardas. El largo de estos elementos varía de 4 a 10 m; los empalmes son de *rayo de Júpiter* principalmente. El estribo está debidamente atirantado transversalmente mediante *tirantes*; estos elementos

están apoyados sobre la solera de base y encajados a la superior, para garantizar el correcto arranque y contrarrestar el empuje del techo, formando un sistema flexible pero rígido. La armadura principal del techo apoyada sobre el cuadral enfrenta una pareja de maderos, con interposición en la parte más alta de aquellos de un madero horizontal, la *hilera* que proporciona estabilidad transversal al conjunto. Para conseguir mayor estabilidad se introduce el *nudillo*(figura 6). Este es un madero horizontal que traba cada pareja de pares aproximadamente a los dos tercios de su altura, reduciendo el trabajo a flexión de cada par, y proporcionando una sujeción más solida, que garantiza en mucha mayor medida el equilibrio final del conjunto. Sobre todo se mejora su comportamiento ante la acción de cargas asimétricas, como las que provocan el viento. El nudillo se ensambla con los pares mediante un simple apeo provisional sobre los tirantes; la solución consiste en rebajar los laterales y el frente de los pares para quedar abrazados por sendos *cornezuelos* que rematan los extremos de los nudillos, cuyo corte se ejecuta de modo que se garantice una eficaz transmisión de las compresiones producidas en estos nudos.

La armadura principal del techo que cubre el aula principal y el transepto es de cuatro aguas, aunque exteriormente hay una sobrecubierta o *camaranchón* de dos aguas que tiene una doble función. Por un lado crea una cámara ventilada sobre la armadura 'vista', que permite el secado de posibles goteras, lo que redunda en una mejor conservación de las maderas, y por otra extende el plano de faldón hasta el paramento externo de los muros con doble pendiente, logrando cubrir anchas luces y evacuando eficazmente las aguas de lluvia.

La cúpula

Sobre cuatro pilares de fabrica de dimensiones cerca de 3 x 2 m y 2 x 2 m que sustentan el tambor, se apoya la estructura leñosa de la cúpula. Esta está apoyada sobre una superficie horizontal confinada en un espeso muro circular de fabrica de ladrillo, que mide 1.3 m de altura, trabado con los cuatro muros construidos sobre los arcos torales, formando una estructura solidaria. En este bloque de fábrica de ladrillo, de forma exteriormente cuadrangular y interiormente circular, está encajada la estructura de madera (figura 7).

La cúpula es formada por 40 cuadernas de madera (figura 8), apoyadas sobre un durmiente inferior en leño y atadas superiormente por dos anillos, uno leño-



Figura 6
Particular del *nudillo* ensamblado con los pares del techo (foto de la autora 2010)



Figura 7
Vista de la estructura de la cúpula en el punto adonde las nervaduras leñosas están solidarias con el tambor en ladrillo. (foto de la autora 2012)

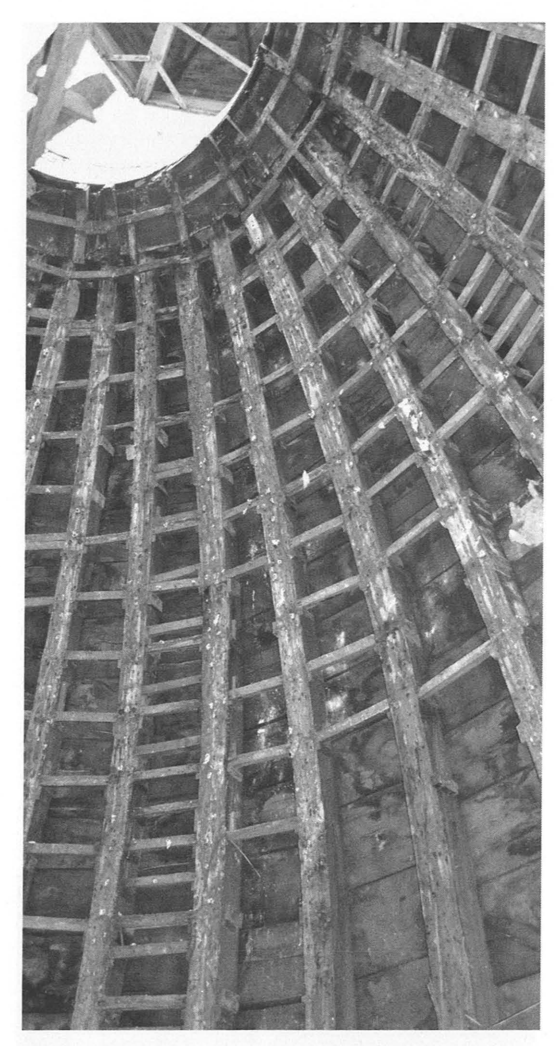
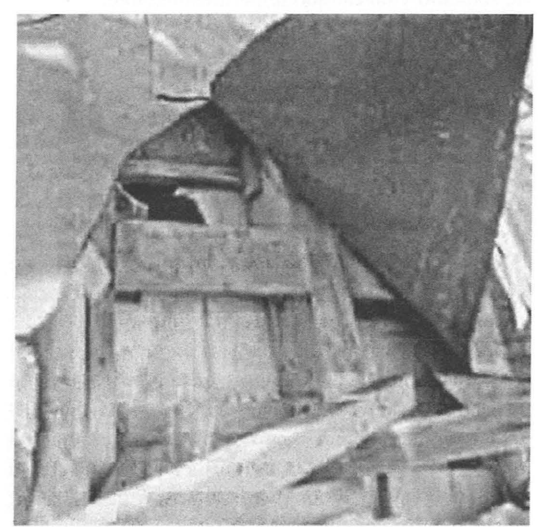


Figura 8
Estructura leñosa de la cúpula, formada por nervios verticales juntados mediante paralelos en intradós y por un entablado de madera en trasdós (foto de la autora 2012)

so y otro metálico. El madero inferior tiene diámetro de 9.4 m y sección de 20 x 20 cm; las piezas están unidas longitudinalmente con *quijera* con clavos. Cada nervio está unido al durmiente inferior mediante ensamble *caja y espiga* con clavos. Entre los anillos hay un desnivel de 6.70 m. El anillo superior en madera mide 3.72 cm de diámetro; está formado por 5 piezas juntadas a *cola de milano*, con espigas de 1.5 cm de largo, y cada pieza que lo compone tiene una sección de 20 x 30 cm. Este está confinado por un anillo metálico y otro en cemento, que atan las cuadernas en su parte superior. Las cuadernas están formadas por varias piezas de sección variable entre 20 x 15÷18 cm, empalmadas con *nudo de Júpiter* y clavos. Los nervios están revestidos exteriormente con tablas de 2 cm de espesor, de anchura y longitud variable decreciente desde el durmiente inferior hasta el anillo superior, clavadas al estrato inferior. En la parte del intradós de las cuadernas, estas se juntan mediante un sistema de paralelos de madera distantes 18 cm el uno entre otro, con sección de 3 x 2 cm, vinculados a la estructura principal mediante encajes non rígidos.

Todo ello está recubierto exteriormente por planchas de plomo (en algunos puntos también de zinc) de 1 mm de espesor clavadas al entablado, y una capa de mortero de cemento reforzada con maya de nailon e impermeabilizada de 5 cm de grosor (figura 9).



igura 9
Vista desde el extradós del revestimiento de la estructura leñosa. Se nota el entablado, el estrato de plomo, cemento y el impermeabilizante (foto de la Oficina del Conservador de la Ciudad OCC 2000)

La linterna

La linterna, de base octagonal, apoya sobre el anillo superior de la cúpula y está inscrita en un diámetro

de 3.30 m y una altura de 3.60 m. La estructura portante leñosa se compone de ocho pilastras,en correspondencia de los vértices del octágono,con sección rectangular de 16 x 16 cmpor un largo de aproximadamente 3 m, ancladas al anillo superior y inferior de cierre mediante unión *caja y espiga*. En cada lado del octágono se abre una ventana de perfil ojival de 2.20 m de altura por un metro de ancho. En la parte de arriba la linterna culmina en una cupulina; su estructura portante está formada por 8 arcos de madera con sección cortante de 11x8.5 cms. Cada arco está compuesto de 2 tramos conectados con rayo de júpiter. Los 8 arcos se apoyan por debajo a un anillo de madera de forma octagonal que sustenta una viga de madera de sección de 15x15 cm puesta en un plano horizontal a soportar un palo con sección octagonal inscrito en un cuadrado ideal de 20 cm de lado. El palo central sobrepasa en altura el cerebro del cupulino de unos 60 cms para soportar la cruz terminal. El acabado está hecho mediante un entablado,una capa de cemento y un estrado impermeabilizante.

El sistema estructural secundario: las bóvedas encamonadas y las cúpulas en madera

A la estructura leñosa principal, se afianza un sistema no-estructural de bóvedas encamonadas y cúpulas en madera.La bóveda de la nave central es llamada de *costillas*. Está silabeada por un sistema de arcos de medio punto de madera con paso de 135 cm; cada arco funciona cómo unos pares curvos que se unen en la llave de trasdós a una viga horizontal longitudinal en madera que se sujeta a los tirantes de la armadura que forma la cubierta del techo. La hilera, a pesar de mostrarse como un nervio longitudinal que recorre en forma continua toda la bóveda, está realmente formada por diversas piezas que se unen en las claves mencionadas y sirve, conjuntamente con los pares, de soporte al entablado que actúa como plementería. Las cepas de dichos arcos se conectan entre ellos mediante un durmiente longitudinal en madera apoyado a la testa superior de los muros que delimitan la nave central (figura 10).

Las naves laterales están también cubiertas por bóvedas, pero de minores dimensiones; estas tienen cerchas en forma arco de madera cómo testadas, sobre las cuales se ancla el entablado que corre longitudinalmente hasta cubrir este espacio. En intradós sustentan un cielorraso de casetones decorados con yeso.

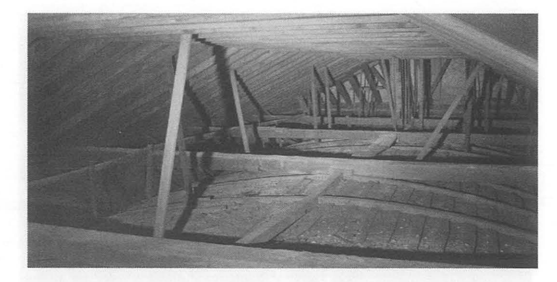


Figura 10
Vista general dela armadura del techo. Subordinada a los tirantes, la bóveda encamonada correspondiente a la nave centrale de la iglesia (foto de la autora 2010)

Las cúpulas que cubren el ábside y el coro y los lados del crucero, son cúpulas de nervaduras, que buscan asemejarse formalmente a las bóvedas de crucería. Están echas por una estructura en madera con la disposición de las costillas sobre un eje vertical, según el trazado proprio de los arcos cruceros, los cuales se unen en una clave también de madera. Los listones de plementería se colocan paralelamente entre ellas, clavadas en el intradós de las costillas. Los arcos de cepa de estas cúpulas son maderos colocados



Figura 11
Falsa cúpula que cubre el ábside (foto de la autora 2010)

a modo de enjarje sobre los durmientes de los muros. La cúpula que cubre el coro en unos puntos se engancha a los tirantes y a las soleras de la estructura principal (figura 11).

Conclusión

La técnica constructiva utilizada llamada sistema columnar-arquitrabado, que en Latino América adquirió el nombre de *Sistema Colonial*, implementa las técnicas europeas fundidas a la tradición local de las colonias.

Las primerasconstrucciones indígenasfueron simples y pequeñas chozas de hojas de palmera, constituidas por un espacio en el cual el muro-cubierta era sostenido en el centro por un horcón. En el momento fundacional, vio la necesidad de reforzar la durabilidad del sistema constructivo, que sufrió un primer cambio con la separación entre el muro y la cubierta, donde los horcones centrales pasaron a sostener el techo tijera, ahora a dos aguas y cubierto de paja, con largos aleros que protegían los cerramientos revocados con barro (Bahareque). El esqueleto tridimensional en madera procedente de la técnica autóctona del Bahareque[2] es una construcción tipo jaula en donde la horconadura de madera es la que tiene función de soporte. Esto sistema de armar la madera fue implementado por el sistema de cubierta de *par y nudillo* retomado de la carpintería española, modelo ampliamente utilizado en la península ibérica y gran parte del centro Europa porqué adecuado para la absorción de los empujes a contrarrestar en edificios con paredes de fabrica; o la técnica de bóvedas encamonadas, estudiada a lo largo del siglo XVII en los tratados europeos de arquitectura, modificada y utilizada por sus intrínsecas propriedades antisismicas. Otros aportes que contribuyeron por la parte de la ingeniería de la madera mixta al ladrillo, fueron la construcción portuguesa de la Gaiola Pombalina, que en seguida al fuerte terremoto del 1755 de Lisboa, probablemente exportada por los maestros galicianos emigrados en América, y la construcción de muros y bóvedas de fabrica típica del arquitectura de toda el área de influencia romana.

De la descripción efectuada se puede observar cómo este nuevo método constructivo se parezca a un sistema pre-moderno, en el cual materiales con diferentes propriedades mecánicas colaboran cómo un único material a la resistencia de la fabrica; por un lado, el armazón de madera es efectivo a flexión, por el otro, los muros en ladrillo contribuyen a la resistencia a compresión del entero sistema.

La transposición del conocimiento europeo en la experiencia de los alarifes americanos permitieron entonces la experimentación y finalmente el desarrollo de un nuevo peculiar esquema estructural, eficaz contra los esfuerzos dinámicos derivados por el sismo y el viento, logrado a a través de las excelentes propriedades de la madera y la sabia utilización de los elementos estructurales.

Notas

1. La técnica constructiva llamada *embarrado* o *cuje* es típica del Oriente cubano. Esta tecnologia consiste en un entramado principal en madera colocando *horcones* o *pié derechos* en las esquinas y encuentre entre paredes, y entre estos, se colocan otros elementos verticales con minor sección, los *parales*, espaciados unos 60 cm. Por ambos de esos elementos verticales se teje un entramado de maderas finas, el cuje, fijado utilizando bejucos, clavos o puntillas. Posteriormente se rellena todo con una mezcla de tierra y hierba humedecidas, en forma de figuras más o menos cilindricas que se denominan *mojones*; el todo está revestido por un estrado de mortero de cal (Sanchez 2010, 89-97).
2. Técnica constructiva de tipo entramado en la cual la tierra se procesa, se mezcla con agua y después de alcanzar el estado plástico se amasa y moldea cómo relleno en una estructura echa de madera. (Henneberg 2005).

Lista de referencias

AGI, Archivo General de Indias. 1773.Bonaventura Buceta, *Perfil trasnversal, que manifiesta la Altura, y Ancho de la Iglesia, grueso de sus Paredes y Disposición del maderamen: Cortado sobre la Línea de puntos 3, 4 que se halla en el Plano*. (AGI MP, Santo Domingo, 448 – 32692436).

AHN, Archivo Histórico Nacional. Colección mapas, planos y dibujos de Consejos, Cuba. 1772-1798, Manuel Martin Rodriguez, Catedral de Santiago de Cuba, *Documento fechado 27 de Agosto de 1798*, (AHN, Consejos, Legajo 21.401, expediente n°48).

Angulo Iñiguez, D.1936.*Planos de monumentos arquitectónicos de América y Filipinas existentes en el Archivo General de Indias.*Sevilla.

AMA, Archivo Museo Arzobispado Santiago de Cuba. 1797.*Expediente sobre la Construcción de la Catedral, Ramón Teodoro Moreno*. (AMA, sin colocación).

AMA, Archivo Museo Arzobispado Santiago de Cuba. 1852.«*Solicitud al Ill.mo [...] se reparen [...] para el estado los prejuicios sufrido sula fabrica [...] en seguida al horroroso terremoto que tuvo lugar el 20 de agosto de 1852*». (AMA, sin colocación).

Callejas, J. M. 1911.*Historia de Santiago de Cuba*, 93-94.La Habana: La Universal.

Henneberg de León, A. M.2005.*La técnica constructiva del Bahareque en el estado Zulia. Estudio comparativo*. Maracaibo: TEG URU

Hernández, S. B.*El techo liviano en las viviendas de Venezuela. De la Casa Indígena a la Vivienda Económica*. Caracas: IDEC, Universidad Central de Venezuela.

Hurtado Valdez, P. 2011. «Bóvedas de madera y construcción naval: Mitos y verdades de la construcción de bóvedas de madera castellanas entre los siglos XVII y XVIII». *Actas del CIMAD 11*. Coimbra.

Morcate Labrada, F. et al. 1990.*El sistema Constructivo Colonial*, Onelia Martínez Capetillo, Santiago de Cuba.

Nuere Matauco, E. 2003.*La carpintería de armar española*. Munilla-Lería.

Orozco Melgar, M. E., 1994.*La desruralización en Santiago de Cuba: génesis de una ciudad moderna (1788-1868)* Tesis de doctorado. Santiago de Cuba: Universidad de Oriente. Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas.

Orozco Melgar,E. 2004.«El quatier français de Santiago de Cuba».*Revolución y Cultura* N°1-2004, 12.

RABASF, Real Academia de Bella Artes de San Fernando, Archivo, Comisión de Arquitectura, Libros de Actas [manuscrito] 1786-1959, Despacho de la Junta de Arquitectura a don Francisco Moñino del 28 de septiembre de 1790. *Expediente sobre la formación de planos para la Santa Iglesia Catedral de Cuba* (RABASF, 32-5/2).

RABASF, Real Academia de Bella Artes de San Fernando, Comisión de Arquitectura, Libros de Actas [manuscrito] 1786-1959, *Despacho de la Junta de Arquitectura del 13 de Junio de 1798*, (RABASF, sign. 1-43-2).

Sánchez et al.«Tipologías Constructivas en una Ciudad Patrimonio de la Humanidad: Trinidad, Cuba».*Revista de la Construcción*, 9 N°1: 2010, 89-97.

Villanueva Domínguez,L. de. 2005. «Bóvedas de madera».*Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Cádiz*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

VIVAC Archivo Municipal de Santiago de Cuba, Federico Navarro, *Catedral de Santiago de Cuba - Plano de refuerzo de las torres*, 1932.

Weiss, Joaquín E. 1979.*La Arquitectura colonial cubana.*Ciudad de La Habana: Editorial Letras Cubanas.

La bóveda de la capilla mayor de la catedral de Sevilla

Francisco Pinto Puerto
Álvaro Jiménez Sancho

A la muerte del maestro Juan de Hoces en 1496 la fábrica gótica de la catedral de Sevilla había ocupado toda la extensión de su traza, cerrado su perímetro de capillas y alcanzado la altura de las naves principales. Cuando el viajero alemán Jerónimo Münzer la visita dos años antes «la iglesia está acabada; pero el coro todavía no» (Münzer [1495] 1991, 157). En ese momento quedaban por cubrir los tramos centrales de los brazos del crucero y la cabecera, trabajos que ocuparon desde 1496 hasta 1506 bajo la dirección de Alonso Rodríguez, por entonces maestro mayor del edificio. Desde 1495 hasta 1498, se cita también en la documentación como maestro mayor a Ximón de Colonia, cargo que ocupó sin renunciar a sus encargos en Castilla (Jiménez 2006, 80-81). Llegó a la catedral por deseo del arzobispo Don Diego Hurtado de Mendoza con objeto de emprender su renovación y acometer las obras de su propia capilla.[1] Se trataba de magnificar el carácter simbólico de numerosos elementos espaciales, constructivos y ornamentales mediante una exuberante y compleja decoración, comportamiento característico de las grandes empresas en las que participan como mecenas destacados personajes del poder real, eclesiástico y la aristocracia local entre finales del s. XV y principios del s. XVI (Alonso 2012).

Estos cambios llegaron tarde a la catedral hispalense al estar su fábrica muy avanzada, quedando confinados a elementos de terminación; portadas, enmarques de rosetones y ventanas, antepechos de trifórios, pináculos, remates de escaleras, y otros elementos pertenecientes a la cabecera del templo (Rodríguez 2011, Jiménez 2013). Su influencia en la dimensión constructiva y estructural sólo se produjo en aquellos que aún no estaban levantados, casualmente los dos espacios de mayor importancia simbólica para el templo: el cimborrio y la capilla que albergaría el altar y retablo mayor. Posteriormente, tras la dramática caída del cimborrio en 1511 por el colapso del pilar noroeste, se extendió este modo de proceder a las restantes bóvedas del crucero quedando intacta la que ahora tratamos. Pero volvamos al momento anterior a ese dramático suceso. Para conseguir ese efecto de magnificencia debían trascender el carácter austero y racional que mantenía la fábrica desde su inicio en 1433. Esa austeridad inicial permitió la rápida y eficaz construcción de las cincuenta y cinco bóvedas de las naves centrales, colaterales, y capillas perimetrales; todas de crucerías simples, algunas con nervios espinazos y todas sin decoración, salvo los capiteles vegetales que sirven de tránsito entre los baquetones de los pilares y las líneas de los arcos (Pinto 2006, 267-272).

La presencia de dos maestros mayores en la obra garantizaba dos objetivos básicos: la permeabilidad del programa reformador que ya demostró su eficacia en Castilla gracias a arquitectos foráneos como los Colonia, Guas o Egas; y por otro, la continuidad en el oficio y la tradición por los vínculos profesionales y familiares que ofrecía el maestro local Alonso Rodríguez. El equipo formado por ambos y los aparejadores Alonso Martínez, José Herrera y Antón Ruiz, sería el encargado de dirigir estas últimas estructuras y complementos ornamentales: iniciaron las obras

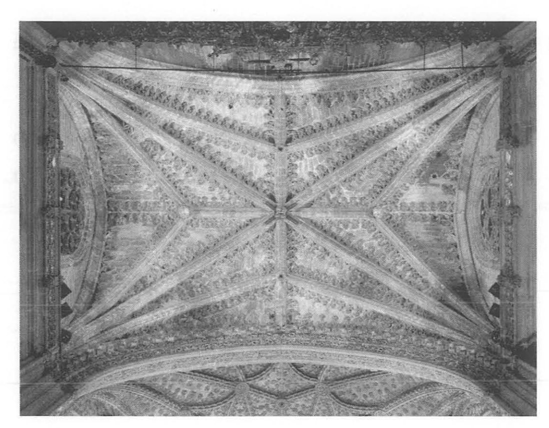


Figura 1
Bóveda de la Capilla del Altar Mayor (foto de los autores)

del cimborrio, cerraron la bóveda de la capilla mayor, iniciaron sacristías y otras estancias anexas al templo, y comenzaron la reforma de la capilla Virgen de la Antigua para enterramiento del propio arzobispo, legándonos uno de los ejemplos más notables del tardogótico castellano.[2]

En la bóveda de la capilla del altar mayor observamos con claridad el modo de magnificar una traza simple y austera, las consecuencias en la continuidad del planteamiento inicial y la implementación de una serie de recursos constructivos y compositivos, que analizaremos a continuación. Posteriormente, en la reconstrucción del cimborrio se consolidó este «modus operandi» siendo entonces el maestro visitante Juan Gil de Hontañón, y el local Alonso Rodríguez y Gonzalo de Rozas (Jiménez 2006, 100-111). Esta última reforma concluida en 1519 afectó además a las tres bóvedas que lo circundan, obteniendo un conjunto unitario que sublimó el centro del edificio y recuperó la pretendida magnificencia que años antes había quedado dañada. Hasta este momento no aparecen los nervios combados o curvados en las bóvedas de la catedral de una forma sistemática, y podríamos asegurar que tampoco en el amplio arzobispado hispalense.

De crucería a terceletes

La traza conservada de la catedral hispalense muestra el plan previsto para el edificio (Alonso y Jiménez 2009). Si lo comparamos con el estado actual comprenderemos que permaneció vigente hasta su conclusión, salvo en los lugares y espacios del crucero que antes hemos recorrido. Esta traza, como era habitual, no recogía la amplia casuística de soluciones decorativas que surgían a lo largo de la fábrica, pero dejaba bien indicado los elementos estructurales que condicionaron el propio transcurso de la obra, representados gráficamente mediante líneas y palabras. Más complejo resulta averiguar el modo, unas veces sutil y otras toscas, en que esos cambios fueron materializados, sobre todo si los observamos desde el suelo. Los complejos tránsitos entre las partes originales y los cambios posteriores quedan minimizados a favor de la potente unidad del conjunto.

Estas variaciones se fueron produciendo desde el inicio mismo de la obra; en la proporción de las capillas colaterales, en los gruesos de los pilares de la cabecera, en las portadas del crucero, en los tamaños de las ventanas, y otros muchos elementos que tendrán consecuencias posteriores (Pinto 2006, Pinto 2009).

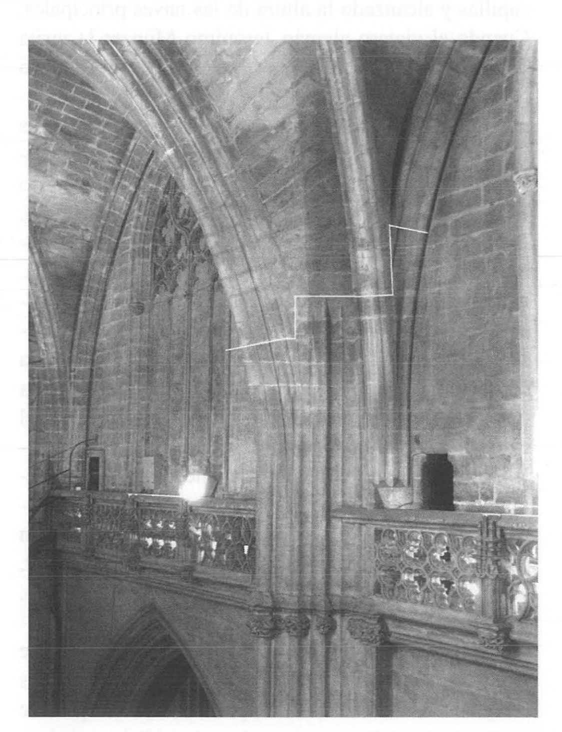


Figura 2
Enjarje bóveda de la nave central de la cabecera (foto de los autores)

Por ejemplo, el incremento de grueso de los pilares de la cabecera originó una mayor separación de los nervios diagonales y perpiaños en cada enjarje, produciendo una plementería mucho más amplia. Este espacio será sistemáticamente invadido por los baquetones que proceden de los pilares, haciendo visible la ligazón constructiva entre estos y las bóvedas. Esta ligazón da sentido a ese confuso efecto que el profesor Castro Villalba denominara «arrepentimientos»[3] y marca el lugar donde comenzaba la construcción de la parte aérea de las bóvedas. Con este mecanismo se mantuvieron fieles a la traza a pesar de los cambio, al menos hasta llegar al cimborrio.

En esta última etapa del edificio gótico, durante los años finales del s. XV, la fábrica avanzó sin interrupción hasta cerrar las bóvedas de las naves principales, progresando desde sus testeros extremos hacia su centro, siendo la última en construirse la que ahora tratamos. Por entonces tampoco estaba levantado el cimborrio, que debía esperar a tener cerradas todas las bóvedas perimetrales para elevar su mole sin desequilibrios. Pero ya vimos como los tiempos eran otros, y la importancia del lugar que cubrían demandaba una reconsideración de la solución dibujada en la traza. Durante la maestría de Colonia y Rodríguez el enriquecimiento de las bóvedas se caracterizó por la multiplicación de nervios rectos subdividiendo los espacios entre los diagonales, en ocasiones uniendo las clave de torales y formeros, a costa del campo ocupado por los plementos. Estas composiciones tenían una serie de cualidades añadidas: una mayor rigidez estructural debido a la plegadura de la superficie que fraccionaban; una mejora en la manipulación decorativa de las superficies al reducir su tamaño y responsabilidad estructural (Cózar 2009, 67-72); y un trazado más rico en recursos técnicos y formales (Palacios 2009, 121).

En el arzobispado hispalense este tipo de bóvedas se aplican durante las dos primeras décadas del s. XVI, muchas de ellas atribuidas a maestros del taller catedralicio: la capilla mayor del Colegio de Santa María de Jesús realizado entre 1506 y 1514 levantada por Antón Ruiz (Rodríguez 2007, 212), los primeros tramos de la ampliación de la iglesia de San Miguel de Morón que el mismo maestro comenzó en 1506 tras desplomarse la iglesia primitiva (Morón 1995, 55), las que cubren las tres naves de la iglesia del Castillo de Aracena (Huelva), la capilla de la Antigua ya mencionada y su homóloga que cubre la cabecera de la iglesia de Sta. María de la Granada en

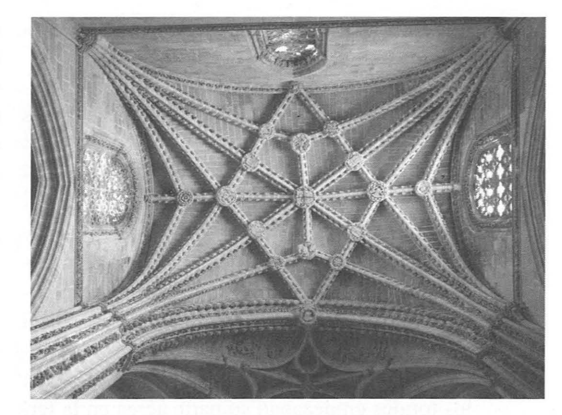


Figura 3
Bóveda del brazo sur del crucero. San Miguel de Jerez (foto de los autores)

Niebla.[4] Ninguna desarrolla una decoración como la que vemos aquí, salvo la bóveda del brazo sur del crucero de San Miguel de Jerez, levantada entre 1510 y 1518 (Romero 2006).

Este aumento de nervios se proyectaban en planta, surgían materialmente en los enjarjes de los que progresivamente iban desligándose hasta trazar líneas aéreas trenzadas que se encontraban en numerosas claves (Rabasa 2007, 1, 71. Palacios 2009, 101). Dicho esto, cabría preguntar si los enjarjes de la bóveda que ahora tratamos preveían la solución final; lo que nos llevaría a replantear el punto de partida de la reforma tardogótica a la altura de las naves colaterales, o si fueron introducidos posteriormente sobre una solución pensada para una bóveda de diagonales, modificando las previsiones iniciales; lo que nos llevaría a proponer su inicio una vez cerrada la caja mural, al menos hasta la mitad de su altura. Para solucionar esta cuestión planteamos la identificación y análisis de las discontinuidades que se perciben de forma sincrónica en la bóveda, deducir de ellas su secuencia diacrónica y conocer así los modos de proceder en la construcción de este tipo de elementos en un momento tan interesante como es el inicio del siglo XVI.

Las huellas de los cambios. Lectura de las discontinuidades

Observaremos ahora las discontinuidades o cambios de los elementos más singulares de la bóveda, enten-

didos como unidades de la secuencia estratigráfica que supone todo proceso de construcción:

1. Las prolongación de las hiladas horizontales de los pilares en los enjarjes se extienden hasta alcanzar casi la mitad de la altura de la pared lateral de la nave; 14 de las 34 hiladas totales. Hasta esta altura el aparejo del muro y el enjarje forman una sola unidad constructiva, dejando el último sillar con un lecho inclinado para recibir las piezas de la parte aérea de la bóveda. El escalonado de su despiece indica la secuencia constructiva de la bóveda: los torales empezaban su parte aérea en la tercera hilada, los perpiaños en la onceava y en los diagonales en la treceava, desde el suelo del triforio, coincidiendo con las cubiertas de las naves colaterales.
2. Los muros laterales sur y norte por sus caras exteriores aparejan bien con los de las capillas aledañas y los del crucero, lo que indica que fueron realizados con una gran continuidad. Estos muros están formados por dos hojas exteriores de sillares de unos 33 cm de altura (sillares sevillanos) y un derretido de mortero de cal y cascotes entre ambos. Si añadimos los planos que contienen arcos perpiaño y toral, quedaba levantada la estructura vertical que encierra cada capilla. Las cajas o castillos así formados se perciben con claridad desde el exterior, pues los riñones de las bóvedas no están rellenos con dolios como sucede en las colaterales y las capillas perimetrales para formar las azoteas (Benítez 2007, 2, 247-261).
3. Si los capiteles y la cornisa del triforio marcan el inicio de la elevación de las naves principales, y los enjarjes con hiladas horizontales indican la zona de mayor homogeneidad entre bóveda y muro, los formeros marcan la altura mínima necesaria para poder empezar a montar la bóveda. El aspecto de esta etapa pudo parecerse a la imagen que hemos recreado desmontando los elementos aéreos a partir de la fotogrametría con la que contábamos (Almagro 2007).



Figura 4
Vista exterior de las cubiertas (foto de los autores)

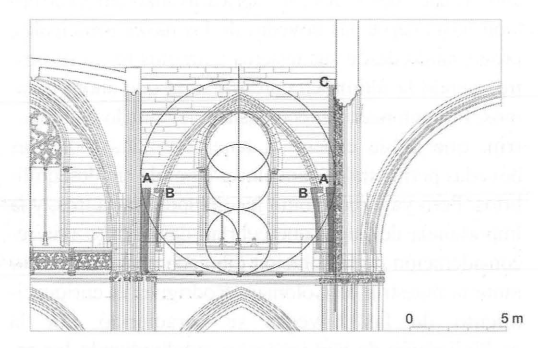


Figura 5
Hipótesis de su estado antes del cierre de la bóveda: A. Enjarje tercelete largo, B. Enjarje tercelete corto, C. Espacio ocupado por caireles (dibujo de los autores)

4. Si volvemos a los enjarjes, observaremos que tercelete se comportan de forma muy distinta a uno y otro lado de la capilla. Aquellos más largos y cercanos al arco toral apenas tienen espacio para unirse al muro, fundiéndose con los potentes caireles calados que lo adornan. En el lado opuesto tienen algo más de espacio para llegar a la cornisa, pero no mantienen continuidad con los baquetones del pilar, al acabar en pequeños capiteles independientes en forma de ménsulas. Por otro lado, los terceletes cortos acaban todos encima del antepecho del triforio, recurso compositivo que disimula fácilmente la falta de continuidad con el cuerpo inferior. Esta última solución fue posible a costa de invadir el espacio del arco formero obligando a complejas soluciones de

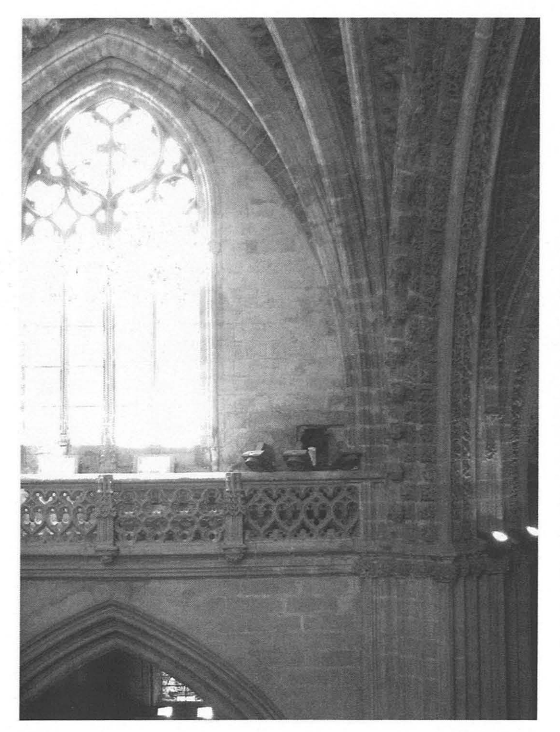


Figura 6
Testero sur (foto de los autores)

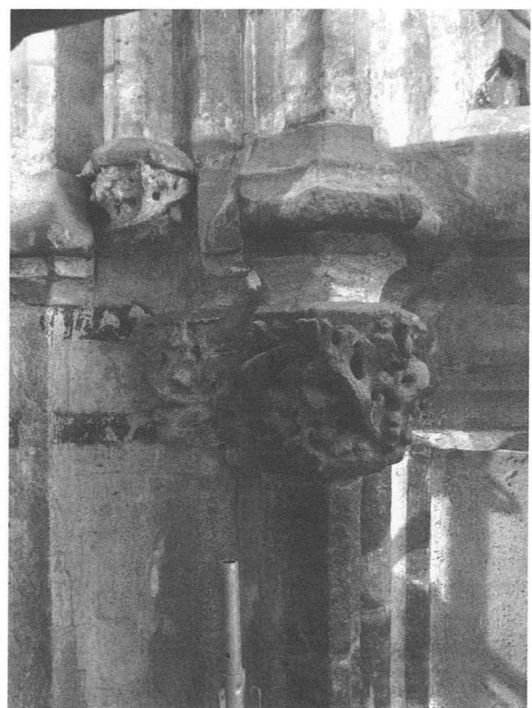


Figura 7
Ménsula paramento sur (foto de los autores)

enlace que varían entre los cercanos al toral y el perpiaño creando cierta asimetría.

5. La solución de los capiteles en forma de ménsulas antes citados, son distintas en la cara norte y sur. En la sur se ha cortado la continuidad vegetal que fundía los capiteles del pilar para insertar de una forma muy tosca el nuevo capitel, sin el más mínimo cuidado en unir ambas composiciones. Se produce así una interfaz que nos indica un cambio o modificación de un estado previo. En el lado norte, sin embargo, el problema está solucionado con más cuidado, situándolo encima de la banda de capiteles; ambas soluciones son difíciles de percibir desde el suelo por la presencia del retablo mayor que se adosó posteriormente a esos mismos pilares, descubriéndola sólo si las observamos desde el triforio.
6. Se aprecia también un comportamiento diferente en los elementos decorativos que invaden los plementos. En la cara sur, la decoración con bandas de caireles comienza en la última hilada horizontal del enjarje sin solución de continuidad; las figuras decorativas aparecen cortadas y fragmentadas para ajustarse a los caireles del perpiaño y al mínimo espacio disponible, dando origen a una nueva interfaz que nos indica un nuevo cambio o indecisión en el proceso constructivo.

En la cara norte volvemos a encontrar una solución mucho más meditada, llevando al extremo la idea de ligazón visual entre los que acompañan al perpiaño y al tercelete. En las primeras hiladas correspondientes al enjarje, estos caireles incluso se giran para facilitar la ligazón, penetrando en la forma del arco y quedando al aire de forma parecida a como sucede en el arco toral, para volver algo más arriba a su posición original, como relieve de la plementería. Las tablas que forman los plementos se ajustan a la forma de estos elementos decorativos que pueden así seriarse con fa-



Figura 8
Ménsula paramento norte (foto de los autores)

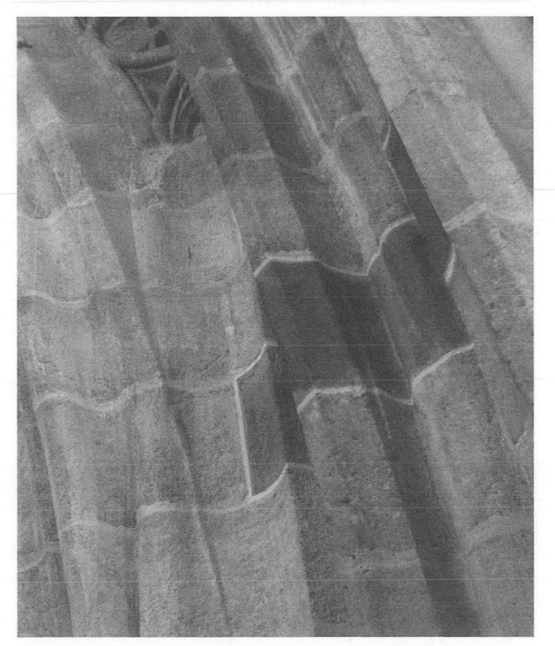


Figura 9
Inicio caireles de la bóveda. Paramento sur (foto de los autores)

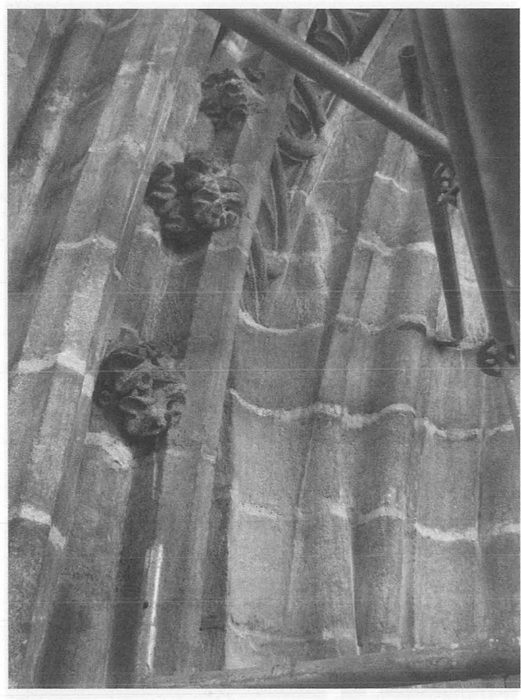


Figura 10
Inicio caireles de la bóveda. Paramento norte (foto de los autores)

cilidad, quedando los espacios entre ellos resueltos con otras tablas menores que asumen las irregularidades producidas procurando una adecuada trabazón. En las bóvedas que posteriormente formarían el crucero tras la reforma de Hontañón se intentó recuperar la coherencia en la disposición de las piezas de los plementos, ajustándose progresivamente la decoración al despiece, y no al revés.

7. Los restantes caireles que acompañan a terceletes, ligaduras, diagonales y espinazos ofrecen una ligazón mucho más elaborada, donde las formas se funden con un criterio de superposición y ocultamiento. Existe una jerarquía que se plasma también en el tamaño de los ornatos semejante a la que se produce entre los nervios del diagonal y cada tercelete; los diagonales y sus decoraciones son un quinto mayor que los terceletes y las suyas.
8. La banda de caireles del arco toral se duplica, pues aparece otra cadena decorativa en el pla-



Figura 11
Ligazón de los caireles (foto de los autores)

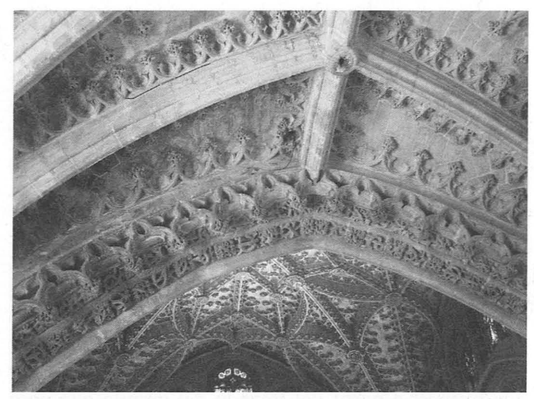


Figura 13
Decoración interior del arco toral (foto de los autores)

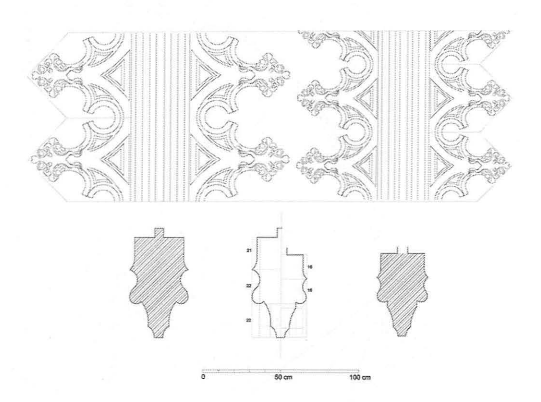


Figura 12
Secciones de los nervios de la bóveda y sus caireles (dibujo de los autores)

no del arco. Observando el despiece y los huecos calados entre éste y la moldura del arco, se advierte que son dos piezas superpuestas. El cairel calado se monta después de labrar el arco toral y antes del cierre de la bóveda, robando espacio de esta última, lo que explica la situación forzada de los terceletes y diagonales con los que comparte enjarje. Esta decoración horadada en forma de encaje de grandes dimensiones, no vuelve a repetirse en ninguno de los restantes arcos del cimborrio, lo que indica que está subrayando su papel como presbiterio del templo.

9. Se observa como en las zonas reformadas las llagas entre sillares han perdido el delgado avitolado que presenta el resto de la fábrica, desbordándose el mortero de forma irregular, lo que indica una reforma o reajuste de elementos desmontados y repuestos ocasionando la pérdida de los perfiles iniciales.
10. Por último, la clave central presenta una cierta anomalía, pues está formada por dos piezas superpuestas, mientras las otras cuatro de los terceletes y ligaduras son de una pieza bien definida. La baja tiene labrada la forma del nervio diagonal, y la superior la de las ligaduras, lo que parece indicar que ha sido modificada para recibir a estos últimos. El tamaño no es un condicionante, pues las restantes claves centrales de la nave central son de una pieza, por lo que entendemos que estarían ya labrada y fue reaprovechada para la nueva bóveda, injertándole un nuevo que recibe los nuevos arcos. Otra cuestión es saber si estaba colocada en su sitio o no, para lo que no tenemos datos concluyentes.

Pero veamos ahora que consecuencias pudo tener esta reforma en el propio trazado geométrico de la bóveda. Para ello partiremos del levantamiento fotogramétrico; sistema de captura y visualización gráfica que nos ha permitido obtener una proyección ortogonal bastante precisa de la bóveda sobre el plano horizontal y el vertical.

Análisis geométrico

Las proyecciones planas son las más apropiadas para el análisis de su geometría, puesto que en ellas se configuraba la bóveda y se establecían los patrones para levantar los arcos. Dentro de la lectura que estamos proponiendo, cualquier variación o discordancia con el trazado teórico, que podemos encontrar en numerosos tratados y manuscritos, tiene una especial relevancia donde identificamos los pies forzados, las anomalías, las reformas, etc.

El trazado teórico de este tipo de bóveda, que podríamos denominar de rampante llano, puede ser de dos formas; a partir del trazado del círculo que pasa por los vértices del rectángulo; o lo que es lo mismo considerando el arco diagonal como semicircular, o a partir de la mitad de los lados opuestos; considerando la composición resultante de una trama reticular (Palacios 2011, 121); en todos estos trazados teóricos los elementos son líneas y puntos de convergencia. Pero al analizar la bóveda real estas líneas son muros y los apoyos complejos pilares en los que es difícil, a veces, marcar el centro. Procederemos entonces a la inversa, dibujamos los ejes de los nervios sobre la proyección horizontal de la fotogrametría y buscamos donde convergen con las restantes, obteniendo así un punto que nos ayude a entender cuál es el perímetro real del que se ha partido.

Si extraemos el trazado de las líneas así formadas de la fotogrametría, obtendremos un dibujo esquemático que contiene los componentes básicos para organizar las piezas y sus cimbras. Si analizamos geométricamente este trazado descubrimos que los lados menores del rectángulo resultante se sitúan en los ejes de los pilares, mientras que los lados mayores están en la parte interior de los arcos toral y perpiaño. Por otro lado, para saber que tipo de curvatura dieron a los arcos, volvemos al dibujo tridimensional

Figura 14
Líneas de trazado de la bóveda (dibujo de los autores)

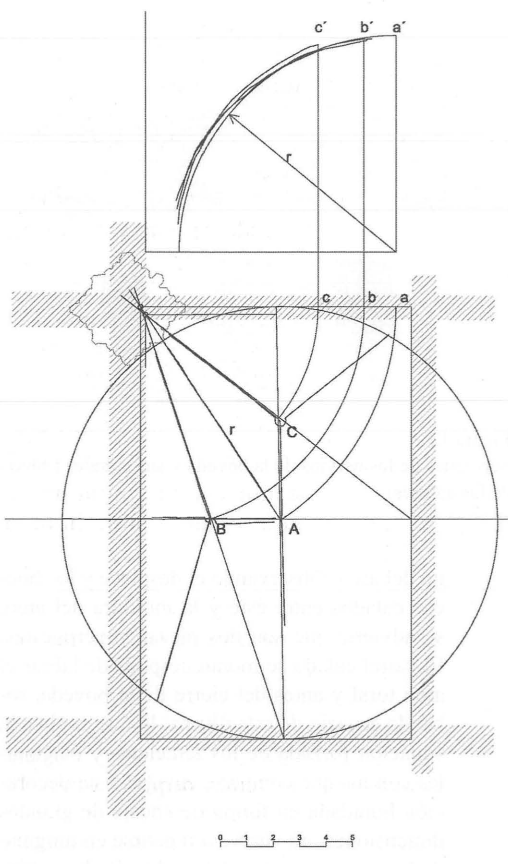


Figura 15
Esquema geométrico del trazado de la bóveda (dibujo de los autores)

para obtener las aristas más externas de cada tipo de nervio; diagonal, tercelete corto, el largo y el de ligadura. Una vez obtenidos los giramos hacia el paramento de la capilla y lo abatimos sobre el plano horizontal, siguiendo el proceso inverso a su diseño. En este recorrido mantenemos su relación con el eje de giro que pasa por el punto donde se unen los nervios en planta; que no es el punto donde surge la curva del arco pues el grueso del pilar lo impide. De esta manera observamos como:

1. La traza de los terceletes se inician en los vértices y acaban en la mitad de los lados opuestos del perímetro de la capilla en el caso de los cortos, mientras los largos llegan al círculo que pasa por los arranque de los nervios diagonales. Es decir, el espacio disponible entre el toral y el perpiaño condicionan el sistema de trazado y determinan el rectángulo base barajando las dos opciones antes enunciadas.
2. Al abatir las curvas obtenidas de la fotogrametría sobre el plano horizontal, comprobamos que todas son semicírculos que tienen el mismo radio «r» de 8,15 metros (10 varas); las irregularidades en el trazado de estas curvas representan las deformaciones que cada nervio han adquirido durante su ejecución o su vida activa. Estos radios así obtenidos están considerando la dimensión de los pilares, es decir, el espacio real disponible sobre el que se montaron.
3. Las claves de los terceletes están algo más bajas que la central, siendo el nervio espinazo nuevamente un arco de circunferencia, en este caso mucho más abierto y no coincidente con los anteriores, pues asume la posición de las claves obtenidas de ellos. Este nervio espinazo sólo existe en la dirección este oeste, que es el eje de simetría del templo, quedando simulada en la transversal mediante la simetría de la cadena decorativa de caireles.
4. Por último, en lo que respecta a los planos murales que forman los lados cortos, si tomamos como ancho menor de la bóveda el existente entre los muros del toral y perpiaño, comprobamos que su altura es la misma, esto es, su alzado tiene una proporción cuadrada. Si dividimos en seis partes la altura del cuadrado obtenemos la posición de cada elemento: a una parte la altura de los antepechos del triforio; con otras cuatro de alto y dos de ancho marcamos las dimensiones de la ventana; y a la mitad de altura del muro el final de los enjarjes. Este sistema de proporciones se ajusta aproximadamente el resto de los tramos de la cabecera, salvo la ventana que en este tramo es una hilada más baja que las restantes. Esta diferencia la interpretamos como consecuencia del reajuste de la bóveda a la nueva solución, lo que implica que cuando terminan el muro ya habían decidido la modificación de la bóveda.

Conclusiones

Alonso Rodríguez y los aparejadores Alonso Martínez y Antón Ruiz, inician el cierre de la capilla del presbiterio o Altar Mayor en los primeros años del s. XVI. Habían recibido un edificio inacabado en cuya construcción ellos mismos participaron, y se les solicitaba ahora una respuesta a los nuevos requerimientos formales de magnificencia característica del tardogótico. Las consecuencias más inmediatas serían reforzar compositivamente la bóveda, facilitar la introducción de elementos decorativos y mejorar su respuesta estructural ante un cimborrio distinto al previsto en la traza original. No sabemos si este mismo criterio fue aplicado a las otras tres bóvedas que rodean el cimborrio, pues se vieron profundamente afectadas por dos reformas posteriores: la realizada entre 1511 y 1519, y la realizada entre 1888 y 1892 que responden a los colapsos del cimborrio.

Hemos visto como fueron adaptados los recursos formales disponibles para ajustarse a una capilla ya iniciada rodeada de muros hasta formar una caja estructural, y como se materializaron los cambios siguiendo una estrategia de trabajo consistente en reaprovechar al máximo lo construido y corregir errores sobre la marcha. Una adaptación que implicó no sólo a los elementos materiales, sino al propio trazado geométrico, sin perder por ello su fundamento en los sistemas que conocemos gracias a tratados y manuscritos; por fortuna ampliamente analizados.

La flexibilidad del diseño gótico permitió la disolución de las formas antiguas con las nuevas sean estas a «lo antiguo» o a «lo moderno». En este juego de cambios y transformaciones, entender el «modus operandi» que nos ofrecen los maestros del tardogótico es esencial, pues explican las complejas hibrida-

ciones posibles, difíciles de encuadrar sólo con referencias estilísticas. Como ya observara Paul Frankl, este tipo de requerimientos permitirá una individualización del espacio cada vez mayor, y por tanto una autonomía formal de los elementos que los materializan.[5] Este autor lo denominaba «principio de parcialidad», y viene a constituirse como una de las puertas de entrada de las nuevas corrientes humanistas en las unitarias fábricas góticas. A la dimensión formal debíamos añadir la técnica y su ineludible relación con la ciencia de cada época.[6]

Notas

1. Pedro González de Mendoza deja la sede de Sevilla en 1483, y la ocupa Diego Hurtado de Mendoza en 1486.
2. Al desaparecer de las noticias y documentos Ximón de Colonia en 1498, debemos suponer que dejaría las trazas de muchos de estos elementos suficientemente definidas, siendo realizadas materialmente por el equipo de maestros locales con mayor o menor fidelidad.
3. Arrepentimientos o «pentimentos» como los denomina el profesor Castro Villalba en su análisis de los pilares de las catedrales e iglesias de Barcelona, Gerona, Palencia, Sevilla o Lisboa. (Castro 1996, 53)
4. Este edificio está siendo estudiado en la tesis de Enrique Infante Limón, titulada «Niebla cristiana. Arquitectura religiosa y urbanismo (1262-1525)» dirigida por el profesor J.C. Rodríguez Estévez.
5. «Pero mientras el alto gótico conservó los principios románicos de la importancia de los miembros estructurales y del perfil convexo, el tardío representa la sistemática eliminación de todos los legados que quedaban del románico y, en la medida de lo posible, el logro de la total supremacía del principio de parcialidad» (Frankl, P 2002, 358).
6. Agradecimientos al Cabildo Catedral y a su política de difusión de patrimonio que facilita siempre que es posible el acceso al edificio y a sus recursos. A su maestro mayor Alfonso Jiménez, siempre dispuesto al intercambio de ideas sobre un edificio del que es gran conocedor. A Francisco Sotelo, joven encargado de la obra de la bóveda cuya mirada penetrante nos avisó de múltiples detalles que sólo encuentra quién trabaja con las manos sobre la piedra, y a la empresa Joaquín Pérez S.L. por las facilidades que siempre nos ofrece. Este trabajo es fruto del proyecto (BIA2009-14350-C02-01) dirigido por E. Rabasa, y la colaboración con el proyecto (HAR2008-04912/ARTE) dirigido por B. Alonso Ruiz. La metodología aplicada forma parte de los objetivos del proyecto (HAR2012-34571) dirigido por F. Pinto.

Lista de referencias

Almagro, A. y J. I. Zúñiga. 2007. *Atlas Arquitectónico de la Catedral de Sevilla.* Sevilla-Granada: Escuela de Estudios Árabes, CSIC.

Alonso, B. y A. Jiménez. 2009. *La Traça de la iglesia de Sevilla.* Sevilla: Cabildo Metropolitano.

Alonso, B. 2012. «La nobleza en la ciudad: arquitectura y magnificencia a finales de la Edad Media». *Stud. His., H.ª mod., 34,* pp. 215-251. Salamanca: U. de Salamanca.

Benítez, R. 2007. «Notas sobre la evacuación de aguas pluviales en la Catedral de Sevilla». *La Piedra Postrera,* tomo 2, pp. 247-261. Sevilla: Tvrris Fortísima.

Castro, A. 1996. *Historia de la Construcción Medieval. Aportaciones.* Barcelona: UPC

Cózar, J. C. 2009. *Cul de lampe: adaptación y disolución del gótico en el reino de Sevilla.* Sevilla: U. de Sevilla.

Frankl, P. 2002. *Arquitectura gótica.* Madrid: Arte cátedra.

Jiménez, A. 2006. «Las fechas de las formas». *La catedral gótica de Sevilla. Fundación y fábrica de la obra nueva,* pp. 17-113. Sevilla: U. de Sevilla.

Jiménez A. 2013. *Anatomía de la Catedral de Sevilla,* Archivo Hispalense (ed.) (en prensa).

Morón de Castro, M. F. 1995. *La iglesia de San Miguel. Cinco siglos en la historia de Morón de la Frontera. XIV-XVIII.* Sevilla: U. de Sevilla.

Münzer, J. [1495] 1991. *Viaje por España y Portugal.* Madrid: Polifemo.

Palacios, J. C. 2009. *La cantería medieval. La construcción de la bóveda gótica española.* Madrid: Munilla-Leira

Pinto, F. 2006. «Fábrica y forma del templo gótico». *La catedral gótica de Sevilla. Fundación y fábrica de la obra nueva,* pp. 209-295. Sevilla: U. de Sevilla

Pinto, F. 2009. «Los sistemas de control formal de la fábrica en el gótico: la manifestación de los primeros cambios de la traza de la catedral hispalense, 1433–1440». *Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la Construcción.* Vol. II, pp. 1061-1070. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Rabasa, E. 2007. «Plomo y nivel: hábitos y pensamiento espacial en la construcción gótica». *La Piedra Postrera.* Tomo 1, pp. 61-83. Sevilla: Tvrris Fortísima.

Rodríguez, J. C. 2011. «Cambio y Continuidad en el proyecto gótico de la catedral de Sevilla». *Laboratorio de Arte 23,* pp. 33-64. Sevilla: U. de Sevilla.

Romero, M. 2007. «Los maestros mayores de la Catedral de Sevilla y su actuación en el entorno constructivo de la misma: Alonso Rodríguez y Diego de Riaño en la parroquia de San Miguel de Jerez de la Frontera». *La Piedra Postrera.* Tomo 2, pp. 451-465. Sevilla: Tvrris Fortísima.

Las escuelas nacionales de arte de La Habana: análisis constructivo de la escuela de ballet de Vittorio Garatti como ejemplo de la recuperación de la bóveda tabicada en la Cuba revolucionaria a principios de los años 60

María José Pizarro Juanas
Óscar Rueda Jiménez

En los años 60 en Cuba, debido al bloqueo en el suministro de materiales, se recuperó la bóveda tabicada como técnica constructiva y la cerámica como material autóctono para las construcciones que se ejecutaron en los primeros años de la revolución. Como en ese momento no había práctica en el empleo de esta técnica, se creó una escuela de formación de expertos en bóvedas tabicadas que alimentó una de las obras más emblemáticas del momento, las Escuelas Nacionales de Arte de La Habana. El presente artículo pretende analizar cómo se empleó esta técnica en las escuelas, y más concretamente en la Escuela de Ballet de Vittorio Garatti. Para ello, se situará la obra en el contexto político e histórico y se realizará un estudio de los acontecimientos que desembocaron en la utilización de esta técnica y sus consecuencias.

La historia de un encargo

Han pasado más de 50 años desde que se produjo el triunfo de una de las últimas revoluciones del siglo XX, protagonizada por un grupo de guerrilleros que descendían de la sierra de Cuba y que acabaría con el derrocamiento del régimen de Batista. Y han pasado, también, más de 50 años desde que Ricardo Porro, Vittorio Garatti y Roberto Gottardi coincidieran en Caracas a finales de los años 50. Ricardo Porro era un arquitecto cubano exiliado por sus ideales revolucionarios. Vittorio Garatti y Roberto Gottardi eran arquitectos italianos emigrados. Tras un periodo de formación de dos años en Venezuela, en torno a la figura de Carlos Raúl de Villanueva, Ricardo Porro regresa a La Habana, seguido de sus colegas italianos. Los tres llegan a la isla atraídos por los cambios políticos que se están produciendo. Y pronto recibirán el encargo soñado: una Academia de las Artes para los hijos de los trabajadores en La Habana revolucionaria. La idea procedía directamente de los ideólogos triunfantes de la revolución: Fidel Castro y Ernesto Ché Guevara. Corría el año 1961, contaban con apenas 33 años y disponían de unos pocos meses para proyectar y ejecutar las obras.

Una partida de golf en el Havana Country Club. Enero 1961

Una tarde de principios de Enero de 1961, una extraña pareja formada por Fidel Castro y Ernesto Che Guevara jugaban una partida de golf en el antiguo Havana Country Club. En el transcurso del juego, rodeados por su séquito personal, decidieron el futuro de aquel lugar elitista: el papel que desempeñaría ese emplazamiento único en la nueva sociedad revolucionaria. El uso exclusivo como campo de golf, que había tenido hasta ese momento, ya no tenía cabida en la ideología revolucionaria. Decidieron que en ese lugar se debería crear la mayor Escuela de Arte jamás soñada al servicio del pueblo, concebida como un centro experimental interdisciplinar. Tanto la idea como el sitio no tení-

an precedentes. Las Escuelas Nacionales de Arte debían representar el nuevo ideal político, el momento histórico que se estaba viviendo: eran el nuevo icono de la revolución. Su ubicación y el programa respondía a un mensaje claro y directo: los exclusivos terrenos del Country Club, reservados a la élite del antiguo régimen de Batista, se habían «socializado».

El Country Club se abría al pueblo. Allí se iba a crear la mayor Academia de las Artes para la formación de los hijos de los trabajadores. El lugar era único. Y debido a la carga social se convirtió en un elemento de divulgación político e ideológico.

El encargo de esta nueva Escuela de Arte era comprometido y no podía recaer en cualquier persona. Fidel le confió a su amiga personal, Selma Díaz, la coordinación del proyecto. Selma entendió que se trataba de una ocasión extraordinaria. La mayoría de los arquitectos con talento habían huido del país tras el triunfo de la Revolución, y otros, como Ricardo Porro, habían regresado del exilio atraídos por el momento único que estaban viviendo. Selma, antigua compañera universitaria de Ricardo Porro, le eligió como arquitecto encargado de las obras. Los tiempos asignados para el proyecto y la construcción eran muy ajustados, por no decir imposibles, y Porro lo sabía. Necesitaba colaboración urgente. Llamó al arquitecto Iván Espín, cuñado de Raúl Castro (que abandonaría pronto el proyecto por enfermedad) y a sus colegas italianos Vittorio Garatti y Roberto Gottardi, a los que había conocido durante su exilio en Venezuela. El lugar de trabajo del equipo de arquitectos se estableció inmediatamente en el club del campo de golf, para seguir de cerca las obras. Aunque todos trabajaban de forma independiente, en un espacio colectivo, se establecieron una serie de premisas que todos acataron para lograr una integración entre las distintas construcciones.

En un principio se pensó construir un único edificio. Posteriormente, debido a la premura de los plazos y a la compleja relación entre los directores de las futuras escuelas, se decidió separar las disciplinas en cinco edificios con unos principios comunes que unificaran la arquitectura que se iba a realizar. Ricardo Porro, además de asumir la dirección, decidió diseñar la Escuela de Artes Plásticas y también la Escuela de Danza Moderna. Roberto Gottardi eligió realizar la Escuela de Artes Dramáticas. Y Vittorio Garatti la Escuela de Ballet y, posteriormente, la Escuela de Música (figura 1).

La ubicación dentro del Country Club fue totalmente libre, sin ningún tipo de condicionantes. Cada

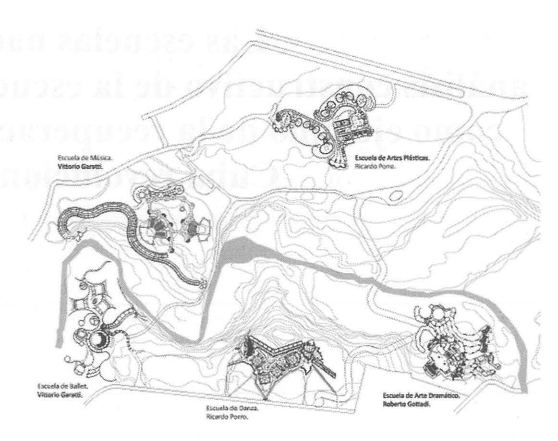


Figura 1
Plano de ubicación de las Escuelas Nacionales de Arte dentro del Country Club (Dibujo de los autores)

emplazamiento fue elegido por el autor paseando por el campo de golf. Pero cuando Fidel les hizo el encargo les pidió que realizasen una arquitectura representativa, coherente con los momentos políticos que se estaban viviendo. Que fuese la imagen del nuevo hombre y de la nueva sociedad. Por ello, decidieron romper con el estilo imperante en la arquitectura cubana de los años 50, influenciada por el Movimiento Moderno. Y al mismo tiempo, decidieron que su arquitectura debía formar parte del intenso debate en torno a las tradiciones y a la herencia cultural. Por todo ello, el material y el sistema constructivo elegido jugaron un papel fundamental.

Las escuelas nacieron con la intención de potenciar el nuevo carácter social del campo de golf y, a la vez, con el deber de representar una nueva época, que exaltase la identidad nacional y reinterpretase las tradiciones y la cultura del lugar. De esta manera los arquitectos establecieron unos principios de trabajo comunes que debían dar coherencia a las distintas edificaciones. Estos principios eran: integración con el paisaje, utilización de un único material y de un mismo sistema constructivo.

Principios integradores

La integración con el paisaje fue el primer principio común que establecieron los tres arquitectos a la hora de abordar el proyecto. El material, y una técnica

constructiva asociada al mismo, fueron los otros dos principios determinantes en el resultado final.

Una vez descartado el acero y el hormigón, debido al bloqueo de Cuba por parte de los Estados Unidos, se propuso la cerámica como material unificador de todas escuelas. El ladrillo fue el material elegido por su vinculación a la tierra, al paisaje y a la cultura cubana. Y la bóveda tabicada el sistema constructivo asociado a ese material, que permitía una libertad formal consecuente con los primeros momentos de la Revolución. Para que fuera posible semejante tarea, necesitaban un experimentado constructor, un maestro albañil experto en bóvedas tabicadas, que conociese la técnica constructiva y formase a los cientos de obreros que iban a trabajar en las Escuelas Nacionales de Arte (figura 2). Esta misión recayó en un maestro albañil llamado Gumersindo, que se había formado con su padre, como marcaba la tradición. Y su padre había trabajado con Gaudí, que llevó el sistema de las bóvedas tabicadas a los límites de su expresividad formal.

Los tres arquitectos de las Escuelas Nacionales de Arte tomarán como referente a Antonio Gaudí y su manera de trabajar con las bóvedas como una técnica completa, capaz de resolver estructura y espacio. Y a la vez como un sistema constructivo ligado a la tradición. Aunque Ricardo Porro también estaba familiarizado con la arquitectura barroca cubana, caracterizada por la continuidad espacial, la suavidad de curvas y las cubiertas ondulantes. Y le llamaba poderosamente la atención el convento de San Francisco en La Habana, en cuyas cubiertas el trasdosado se dejaba visto, mostrando su expresividad como si fuese una fina piel que dejaba entrever el espacio interior. Por tanto, cada arquitecto se enfrentó al sistema constructivo con unos planteamientos diferentes. *Ricardo Porro* era consciente de las reglas del juego y planteó una arquitectura basada en el pabellón y corredor como elementos básicos que se repetían y conformaban la arquitectura (figura 3).



Figura 2
Escuela de bóvedas experimentales en el Country Club. Septiembre 1961 (Archivo de la Oficina del Historiador de la Ciudad de La Habana)



Figura 3
Escuela de Artes Plásticas. Ricardo Porro 1961-65 (Archivo de la Oficina del Historiador de la Ciudad de La Habana)

Estos elementos no necesitaban adaptarse a una topografía compleja, ya que las ubicaciones seleccionadas por Ricardo eran totalmente llanas. Por lo que fue el único que concluyó las escuelas en el tiempo esperado. *Vittorio Garatti* en la Escuela de Ballet también recurrió a la repetición de un elemento, el pabellón, pero la complejidad topográfica y la dificultad de los espacios de circulación con geometrías y encuentros conflictivos provocó un retraso en la obra y, aunque llegó a terminarse, nunca se utilizó (figura 4).

Roberto Gottardi sufrió unas circunstancias parecidas. El programa de la Escuela de Artes Dramáticas fue cambiando constantemente desde los inicios del proyecto, lo que provocó continuos retrasos en la elaboración de los planos. Las geometrías utilizadas no se basaron en la repetición, sino al contrario, eran



Figura 4
Escuela de Ballet, Vittorio Garatti 1961-65 (Archivo personal de Vittorio Garatti)



Figura 5
Escuela de Artes Dramáticas. Roberto Gottardi 1961-65 (Archivo de la Oficina del Historiador de la Ciudad de La Habana)

particulares, únicas. Esto implicó un estudio individual y pormenorizado de cada cubierta. De los tres arquitectos, Gottardi fue el único que empleó la técnica tabicada a la manera tradicional (figura 5), optimizándola. Esto fue posible debido a que las luces que debía salvar para cubrir sus espacios eran pequeñas (no mayores de 6 metros). Ricardo Porro y Vittorio Garatti cubrieron luces mucho más grandes y por eso tuvieron que emplear otros métodos que reforzaban la aparente fragilidad del sistema.

Escuela de Ballet 1961-1965. Vittorio Garatti

Cuando les encargaron el proyecto de las Escuelas Nacionales de Arte, Garatti fue el primero en apreciar el valor del territorio, la importancia del lugar y sus leyes. En la Escuela de Ballet, Garatti quiso crear una cavidad, identificarse con el terreno, crear una nueva topografía formalizada en un amplio repertorio de cúpulas y bóvedas. Se dio cuenta de la potencialidad de las cubiertas como observatorio del paisaje y como espacio social. Estaban pensadas como lugares de encuentro, donde los usuarios se pudiesen sentar a leer o disfrutar de los ejercicios de los bailarines. Garatti entendió el lugar como un jardín donde insertar sus pabellones. Investigó como se había trabajado con los jardines a través de la historia, como se debía construir una *arquitectura de jardín*. Y descubrió que el pabellón era el elemento generador de esa arquitectura. Así se genera la escuela de Ballet, a partir del movimiento de los pabellones en el paisaje, siguiendo una trayectoria dinámica que recuerda una coreografía (figura 6).

De todos los pabellones, los de baile cuentan con la solución espacial más compleja. Ésta se resuelve con una bóveda vaída que parece un pañuelo hinchado por el viento, apoyado en sus cuatro puntas. En una visión lejana, Garatti identifica formalmente las bóvedas tabicadas con las copas de los árboles en una analogía con el paisaje. Las bóvedas crean una nueva topografía, una cubierta practicable. Esto constituye una novedad, porque hasta entonces, las cubiertas abovedadas apenas se practicaban, pues su geometría dificultaba el acceso y no era una parte importante del proyecto. Garatti no plantea un plano continuo, ya que la base de su composición es el pabellón, y éste

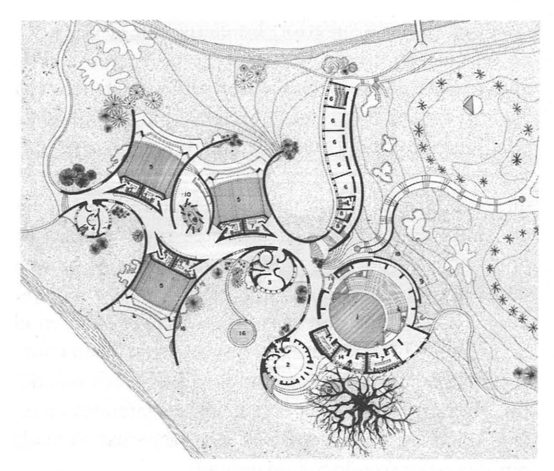


Figura 6
Planta definitiva de la Escuela de Ballet (Archivo personal de Vittorio Garatti)

se tiene que adaptar a la topografía compleja. Pero crea una continuidad visual, a pesar de que la cubierta está formada por fragmentos de bóvedas que se van escalonando para adaptarse a los desniveles y permitir la entrada de luz a los interiores. Esta cubierta es el espacio social, son las nuevas colinas, vaguadas o lomas donde los estudiantes se sientan a leer, practicar o contemplar el paisaje. El material es entendido como parte de la tierra, del terreno. Incluso Garatti comenta lo acertado de la elección de este material porque en la arquitectura de jardín se trabaja con el ladrillo como material indisoluble con el terreno.

Análisis constructivo de la Escuela de Ballet

Para llegar a la formalización de la escuela de Ballet, Vittorio Garatti tuvo que resolver muchos problemas geométricos y constructivos derivados del empleo de las bóvedas y las cúpulas. La técnica tabicada podría haber resuelto estos problemas, pero el equipo de ingenieros encargado del cálculo estructural, perteneciente al Ministerio de la Construcción Cubano, no confiaba plenamente en el sistema y eso se manifestó en el número de capas empleadas para salvar luces relativamente pequeñas, el exceso de elementos atirantados en el interior de las bóvedas y el empleo de elementos estructurales de hormigón armado para reforzar las cúpulas de mayor tamaño. Finalmente, el proyecto fue resuelto con una técnica mixta de hormigón armado y sistema tabicado, aunque la apariencia final es unitaria, como si toda la escuela se hubiese realizado con la técnica tabicada. A continuación veremos cómo se empleó esta técnica en función de las luces que se debían salvar para cubrir los pabellones.

Cubiertas de grandes luces

En este tipo de cubrición debido a los vanos que se debían de salvar (en algunos casos superiores a los 25 metros de diámetro) se empleó una técnica mixta de hormigón armado para resolver la estructura portante y de técnica tabicada para salvar las pequeñas luces entre nervios y dar el aspecto continuo de cáscara cerámica. Esta técnica fue empleada en:

Pabellón de baile

Este espacio en planta tiene una geometría irregular. Se configura mediante dos muros laterales, que forman un espacio cóncavo, y una bóveda vaída apoyada en cuatro pilares, situados en diagonal, que no llegan a tocar estos muros, y que se separan de ellos para crear una franja luminosa por donde penetra la luz natural y la vegetación.

Esto obliga a una cubierta fragmentada en distintos elementos que permiten, desde el punto de vista espacial y funcional, crear espacios donde se realizan actividades diferentes (figura 7).

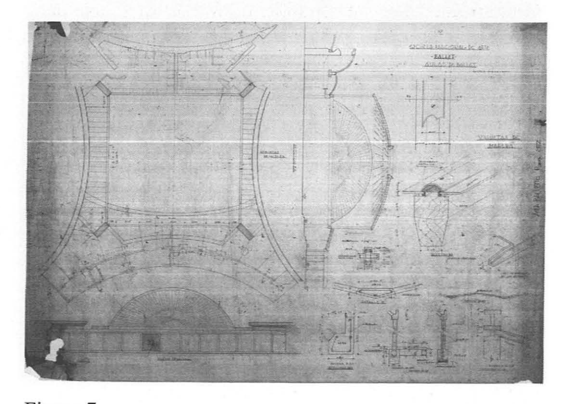


Figura 7
Planta y sección del pabellón de baile (Archivo personal de Vittorio Garatti)

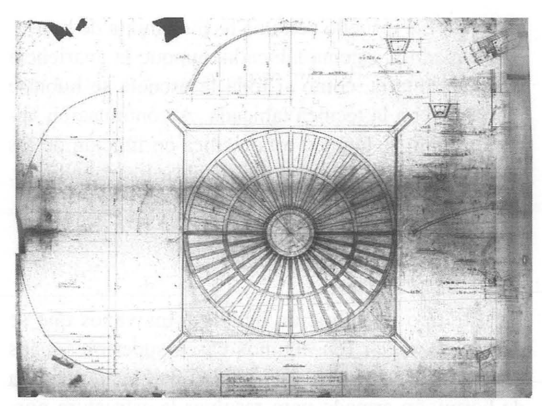


Figura 8
Planta, sección y detalles de la estructura de la cúpula del pabellón de baile (Archivo personal de Vittorio Garatti)

El espacio central, de planta cuadrada, tiene una dimensión aproximada de 16 metros de lado. Se cubre con una bóveda vaída rebajada, nervada, con óculo en la parte superior. La estructura principal es de nervios hormigón armado (figura 8). La bóveda apoya sobre cuatro pechinas construidas en sucesivas capas: primero una bóveda tabicada para el intradós, que quedará vista; a continuación, un alma de hormigón armado para reforzar y, para terminar, de nuevo un extradós de bóveda tabicada (figura 9). Estas pechinas se apoyan en cuatro pilares rectangulares de hormigón armado, de nuevo revestidos con fábrica de ladrillo utilizada como encofrado perdido. Los pilares están unidos por unas vigas de hormigón en el arranque de las pechinas y arcos que funcionan como tirantes que absorben los empujes. Los arcos que delimitan la bóveda vaída en sus cuatro laterales cuentan con una armadura de refuerzo adicional formada por dos redondos de 5/8 de pulgada.

Las nervaduras se organizan, a partir de las pechinas, en tres anillos concéntricos de hormigón armado unidos por nervios transversales con la misma sección trapezoidal. Todos tienen una sección constante de 15

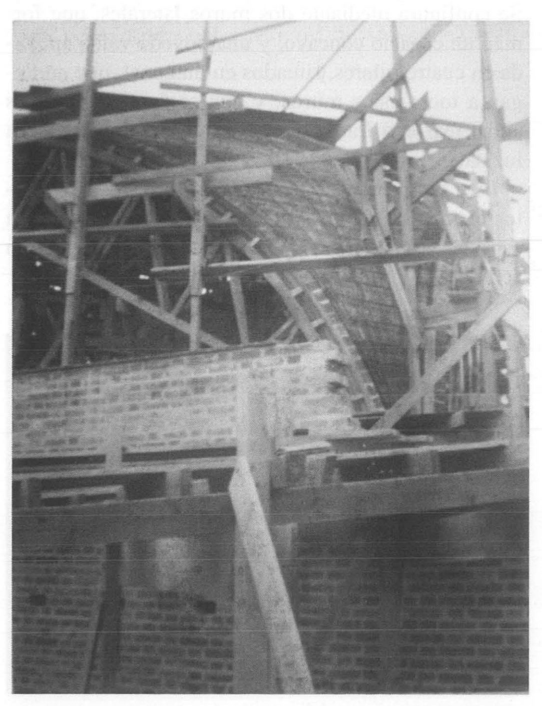


Figura 9
Detalle de la pechina antes de hormigonar (Archivo personal de Vittorio Garatti)

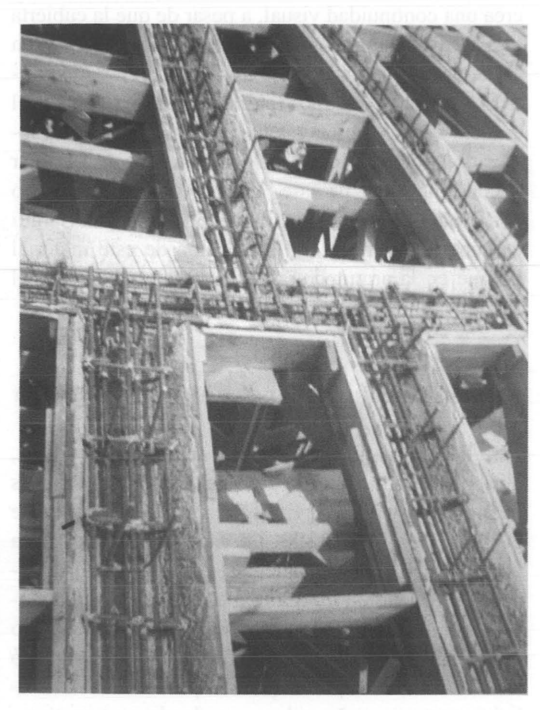


Figura 10.
Detalle de los nervios antes de hormigonar donde se aprecia la disposición de rasillas cerámicas en el fondo del encofrado (Archivo personal de Vittorio Garatti)

centímetros de canto y anchura variable. Antes de la colocación de las armaduras, los encofrados se revistieron de ladrillo para quedar vistos en el intradós (figura 10). La plementería apoya en la cara superior de los nervios y utiliza la técnica tabicada. Exteriormente se diferencian estos elementos constructivos.

La cáscara resultante, formada por las tres capas que hemos descrito, alcanza un espesor total de 25,5 centímetros. El espacio que queda entre la bóveda vaída y los muros cóncavos se cubre con bóvedas tabicadas convencionales de planta trapezoidal, que salvan luces de 2,60 metros aprox. en ambas direcciones, y tienen un espesor total de 7,5 centímetros.

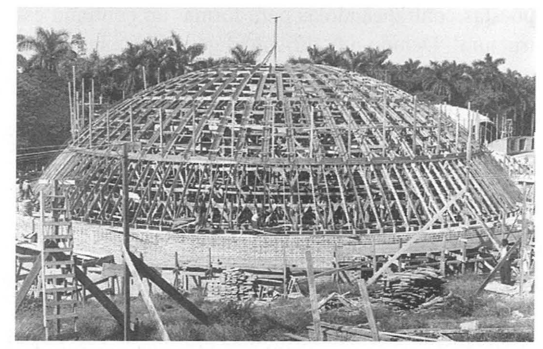


Figura 11
Detalle de los nervios y anillos antes de hormigonar. Sala de coreografía. (Archivo personal de Vittorio Garatti)

Sala de coreografía, biblioteca y administración

Estos tres espacios corresponden a los tres pabellones circulares de mayor dimensión y utilizan una técnica mixta para la cubrición: nervaduras de hormigón y plementería con sistema tabicado. Sin embargo, haremos una subdivisión entre la sala de coreografía y los otros dos pabellones, ya que aunque utilizan el mismo concepto constructivo, la sala de coreografía tienen un anillo perimetral de servicios que introduce otras variables espaciales y constructivas.

La sala de coreografía tiene planta circular. Está formada por dos anillos. El anillo exterior corresponde a las circulaciones y vestuarios y está resuelto con bóvedas tabicadas, mientras que el anillo interior corresponde con la sala de coreografía propiamente dicha y es un espacio único cubierto con una cúpula nervada. Las cubiertas de los dos espacios se diferencian tanto constructiva como espacialmente. El espacio central de la sala de coreografía se resuelve con una cúpula de planta circular rebajada, nervada, con un óculo en la parte superior y que salva una luz aproximada de 28 metros. La cúpula está formada por tres anillos de hormigón armado unidos por nervios transversales también del mismo material (figura 11). El apoyo en los muros y pilares perimetrales se realiza a través de una gran viga de más de un metro de canto, que forma la base de la cúpula de la cual arrancan todos los nervios. Al igual que en el caso del pabellón de baile, se utiliza como encofrado perdido una capa de rasillas cerámicas de tal manera que los nervios aparecen marcados interiormente y se crea una continuidad material con la plementería entre los nervios que, al igual que en el caso anterior, utiliza la técnica tabicada para su resolución. El anillo de servicios se resuelve con bóvedas tabicadas rebajadas de anchura constante y apoyo sobre muros o elementos puntuales. La utilización de esta técnica es posible debido a que las luces que tiene que salvar son pequeñas.

La biblioteca y administración tienen una planta circular, delimitada por muros curvos de ladrillo o en algunos casos pilares también de este mismo material. La cubierta se resuelve con una cúpula de planta circular rebajada, nervada, con un óculo en la parte superior y que salva una luz aproximada de 16 metros. La cúpula está formada por dos anillos de hormigón armado unidos por nervios transversales también del mismo material. El apoyo en los muros y pilares perimetrales se realiza a través de una viga de hormigón que forma la base de la cúpula de la cual arrancan todos los nervios. Al igual que en el caso de la sala coreografía, se utiliza como encofrado perdido una capa de rasillas cerámicas al interior. Sin embargo, exteriormente no aparece diferenciación de materiales como en el caso anterior, sino que únicamente se resalta en ladrillo la parte correspondiente a los nervios y no la de los anillos. La administración tiene una altura menor que la biblioteca que prácticamente equivale a dos plantas.

Cubiertas de luces menores

Tanto en la cubrición del pabellón de enfermería como en los corredores y aulas teóricas se emplearon bóvedas tabicadas, con varias capas de rasillas super-

puestas contrapeándolas para formar un continuo estructural. Debido a la dificultad geométrica hubo que crear un sistema de cimbras y encofrados muy complejo que permitió a los obreros el trabajo continuo. La aparente rapidez del sistema de nuevo se volvió en su contra y se empleó mucho tiempo y material en la fabricación de estos elementos auxiliares.

Enfermería

Tiene planta circular delimitada por muros curvos de ladrillo o, en algunos casos pilares, también de este mismo material. Podemos intuir que debido a la sencillez geométrica de la planta y a la menor dimensión de la luz a salvar (aprox.13 metros), se pudo resolver la cubrición con una bóveda tabicada tradicional apoyada sobre una viga perimetral circular de hormigón armado (figura 12-13).

Al igual que en el caso del pabellón de la biblioteca y enfermería, exteriormente en la cubierta, se marcan únicamente unos nervios radiales de ladrillo una vez construida la cúpula, que constructivamente no corresponden a ningún elemento estructural, y que tienen principalmente una función estética.

Aulas teóricas

Forman un ramal que sale desde el vestíbulo principal y tienen forma curva, sinuosa. Al principio son

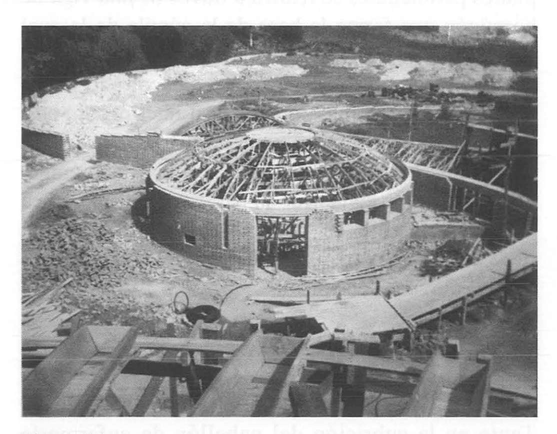


Figura 12
Pabellón de enfermería antes de la cubrición (Archivo personal de Vittorio Garatti)



Figura 13
Pabellón de enfermería con la cubierta realizada con la técnica tabicada (Archivo personal de Vittorio Garatti)

más estrechas correspondiendo con la zona de los baños y luego pasan a tener una anchura constante en la zona de las aulas teóricas. Longitudinalmente hay dos zonas diferenciadas: la zona de los corredores y la zona de las aulas y aseos.

Cada una de las zonas anteriormente citada coincide con una cubrición diferente (figura 14). Ambas son bóvedas tabicadas pero con distinta geometría y dimensión. La parte de las aulas son bóvedas rebajadas, asimétricas apoyadas en sobre viga de hormigón superior sustentada en muro o apoyos puntuales, sal-

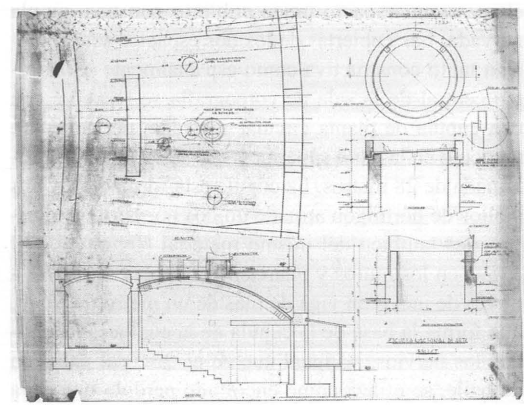


Figura 14.
Plano de ejecución donde se muestra la sección y planta de las aulas teóricas y el corredor de acceso a las mismas (Archivo personal de Vittorio Garatti)

vando una luz comprendida entre 2.90 metros y 6.25 metros, paralelos a la fachada larga. La parte de los corredores son bóvedas de _ cañón, rebajadas, apoyadas igualmente sobre viga de hormigón sustentada por un lado en un muro de contención y por otro en muro de ladrillo o apoyos puntuales. El conjunto de todas las bóvedas correspondiente a las aulas teóricas queda oculto por una capa vegetal de 15 cm sobre una cubierta de hormigón ligera apoyada en tabiques sobre las bóvedas. Constituye la única parte del edificio donde la expresividad de la cubierta no se manifiesta al exterior y solo se puede apreciar interiormente.

Corredores interiores

Tienen en planta una forma curva y sinuosa de ancho variable y va enlazando geométricamente los distintos espacios. Todo este gran corredor o calle cubierta se resuelve con fragmentos de bóvedas tabicadas, rebajadas, asimétricas, de directriz curva, anchura variable, con encuentros perimetrales en muros curvos (figura 15). No son bóvedas continuas, se van fragmentando para adaptarse a la topografía y permitir la entrada de luz controlada al interior de este espacio cavernoso. Las bóvedas tienen entre 4 y 6 capas de ladrillo en función de la luz que salvan (varía entre 4 y 11 metros). Para contrarrestar los empujes la estructura se atiranta con cables de acero. Constituye la gran cubierta transitable del proyecto.

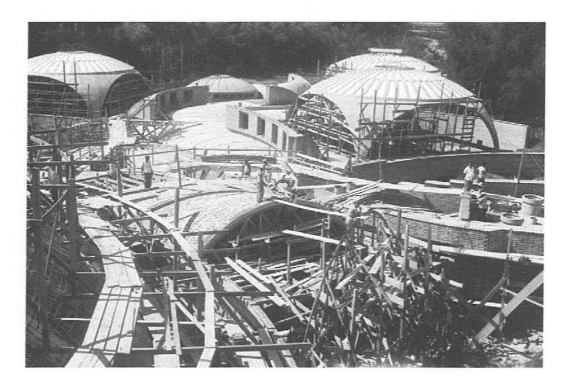


Figura 15
Detalle del fragmento de bóveda tabicada en la entrada y vista del conjunto (Archivo de la Oficina del Historiador de la Ciudad de La Habana)

Conclusiones

Tras el análisis anterior, podemos concluir que el sistema tabicado se empleó íntegramente en las cubriciones cuya luz era menor de 16 metros, aunque la apariencia exterior del conjunto hace pensar en el empleo de la técnica tabicada para todas las cubiertas. Si se hubiese construido con la técnica tabicada, a la manera tradicional, los espesores hubiesen sido menores y el empleo del hormigón armado también que habría sido casi innecesario. Por tanto, las iniciales ventajas del sistema como la rapidez de ejecución o la economía de los medios auxiliares no se emplearon de una manera operativa debido a la complejidad geométrica de las cubiertas. Sin embargo, podemos asegurar que aunque no se optimizaron las cualidades constructivas y estructurales del sistema, desde el punto de vista compositivo y espacial, el conocimiento del sistema y su aplicación parcial fue un éxito. Resolvió al mismo tiempo estructura y cerramiento. El sistema funcionó muy bien para estas edificaciones de una sola planta y permitió una gran riqueza espacial. Junto a estos valores, también podemos resaltar la expresividad alcanzada con el uso del material cerámico, vinculado al lugar y a la identidad local, y que conectaba directamente con las tradiciones regionales. Los tres arquitectos de las Escuelas Nacionales de Arte supieron vislumbrar esta potencialidad cuando apostaron por el sistema de las bóvedas tabicadas y la cerámica como único material constructivo.

Lista de referencias

Archivo personal de Juan de las Cuevas.
Archivo personal de Vittorio Garatti.
Archivo de la Oficina del Historiador de la Ciudad de La Habana.
Baroni, Sergio.1993. «Report from Havana». *Zodiac* 8, *International Review of Architecture Renato Minetto*: 160-183.
Baroni, Sergio. 2008. «Las Escuelas Nacionales de Arte: Un nuevo capítulo». *Arquitectura Cuba, 380*: 50-51.
Castro Ruz, Fidel. 1961. «Palabras a los intelectuales». *Noticias de Hoy* (4 de Mayo de 1963)
Cortesi, Isotta. 2008. «Prefiguración de futuro. A propósito de las Escuelas de Ballet y Música de Vittorio Garatti». *Arquitectura Cuba,* 380:56-59

Consuegra, Hugo. 1965. Las Escuelas Nacionales de Arte. *Arquitectura Cuba,* 334:14-21.

Garatti, Vittorio. 1982. «Ricordi di Cubanacán». *Modo* 6: 47-48.

Garatti, Vittorio. 2008a. «Vittorio Garatti: Obra construida, 1957-1999». *Arquitectura Cuba*, 380: 8-41.

Garatti, Vittorio. 2008b. «Restauración y completamiento de la Escuela Nacional de Música, Cubanacán, La Habana». *Arquitectura Cuba*, 380: 72-75.

Guido, Davide. 2008. «Mediterráneos en la obra de Vittorio Garatti». *Arquitectura Cuba*, 380: 42-45.

Huerta, Santiago et al (ed.). 1999. *Las bóvedas de Guastavino en América*. Libro del catálogo de la exposición. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Loomis, John A. 1999. *Revolution of Forms. Cuba's forgotten Art Schools*. New York: Princeton Architectural Press.

Machetti, Claudio et al. 2011. *Cuba, Scuole Nazionali d'Arte* . Milán: Editorial Skira.

Moya Blanco, Luis. 1993. *Bóvedas tabicadas*. Colección textos dispersos. Madrid: Servicio de publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

Rodríguez, Carlos Rafael. 1979. *Problemas del Arte en la Revolución*. Ciudad de La Habana. Cuba: Editorial Letras Cubanas.

Rodríguez, Eduardo Luis. 2000. «Retorno a la utopía. Escuelas Nacionales de Arte: el renacer de una arquitectura heroica». *Medio Ambiente y Urbanización,* 55: 34-50.

Rodríguez, Eduardo Luis. 2004. «Arquitectura con duende. Homenaje a Ricardo Porro». *Revista Encuentro de la cultura cubana*, 32:31-36.

Rodríguez, Eduardo Luis. 2008. «Presente y futuro de las Escuelas Nacionales de Arte». *Arquitectura Cuba,* 380: 60-69.

Segre, Roberto. 1968. *La Arquitectura de la Revolución Cubana*. Montevideo: Facultad de Arquitectura Universidad de la República

Segre, Roberto. 1969a. *Cuba - Arquitectura de la Revolución*. Colección Arquitectura y Crítica. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

Segre, Roberto. 1969b. *Diez Años de Arquitectura Revolucionaria en Cuba*. Cuadernos de la Revista Unión, Habana: Ediciones Unión.

Truñó, Ángel. 2004. *Construcción de bóvedas tabicadas*. Colección textos sobre Teoría e Historia de las Construcciones. Madrid: Instituto Juan Herrera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

El hallazgo de una traza de Fra Josep de la Concepció en el castillo de Cubelles. Nuevos datos para la comprensión del largo proceso constructivo del campanario de la iglesia de Sant Antoni Abaden Vilanovaila Geltrú

Jordi Planelles Salvans
Mariona Genís Vinyals

Como un arquitecto eminente del siglo XVII califica César Martinell (Martinell 1966) en el título de su artículo dedicado a Fra Josep de la Concepció «el Tracista».[1] Cierto es que el reconocimiento que recibió este fraile lego en la segunda mitad del siglo XVII fue muy importante y así lo demuestra el número, variedad y localización de sus obras.

Desde que le fuera concedido el cargo de Trazador de la Provincia de la Orden de los Carmelitas Descalzos, en los que profesaba desde los 26 años de edad, hasta la fecha de su muerte, acaecida en 1690, se le conocen un total de más de treinta obras, muchas de ellas de gran envergadura. Realizo un total de 11 conventos —cuatro de ellos fuera de Catalunya, en tierras de Valencia y Madrid—, una catedral, tres templos parroquiales, un campanario, un hospital, dos palacios, dos castillos, un ayuntamiento, una casa, tres capillas, dos retablos, entre otras.[2]

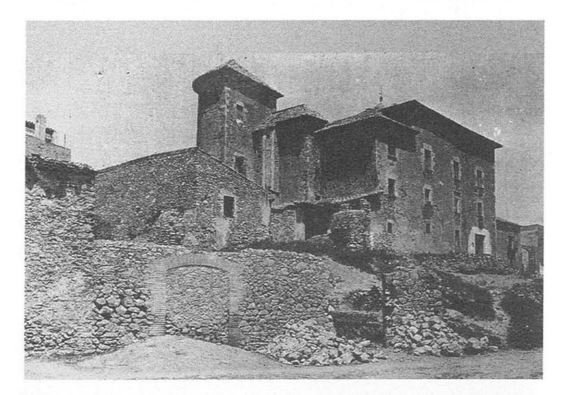


Figura 1
Castillo de Cubelles a principios del siglo XX (González Moreno-Navarro, Lacuesta y López Mullor 1998)

El castillo de Cubelles

El castillo de Cubelles (figura 1) es una obra un tanto singular en la trayectoria de Fra Josep. No se trata de una obra de nueva planta sino de una reforma de un castillo en el término municipal de Cubelles, población costera de la provincia de Barcelona.

La singularidad reside no tanto en el proyecto del propio fraile como en el valor documental de propio edificio, que se ha mantenido con muy pocas modificaciones des de las obras de fra Josep en la segunda mitad del siglo XVII,[3] y de los documentos que de la obra se han conservado también hasta la actualidad. La traza que fra Josep de la Concepció realizó (figura 2), juntamente con los diferentes contratos de los trabajos a realizar constituyen una documentación importante para la comprensión del barroco civil catalán del siglo XVII.[4]

La traza de un campanario en el aposento de la torre del castillo de Cubelles

Entre las particularidades del castillo de Cubelles destaca, por su singularidad y abundancia, la presen-

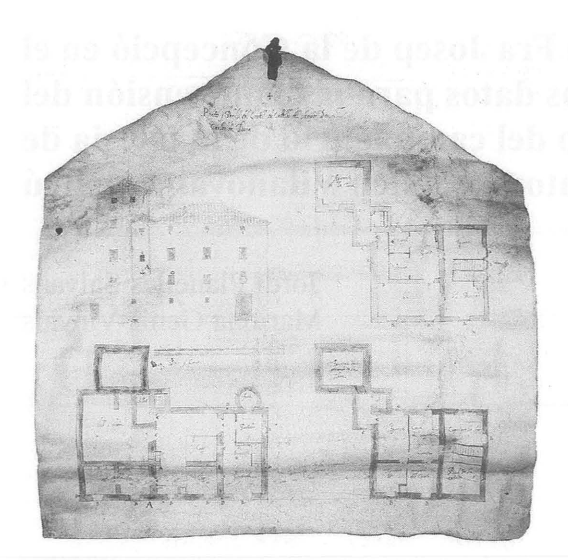


Figura 2
Traza del castillo de Cubelles (González Moreno-Navarro, Lacuesta y López Mullor 1998)

cia de *grafitos*o dibujos y escritos con grafito sobre las paredes de las plantas superiores (figura 3).

La gran mayoría de *grafitos* se sitúan en el siglo XVIII, siendo atribuidos a Bonaventura Almirall, hijo

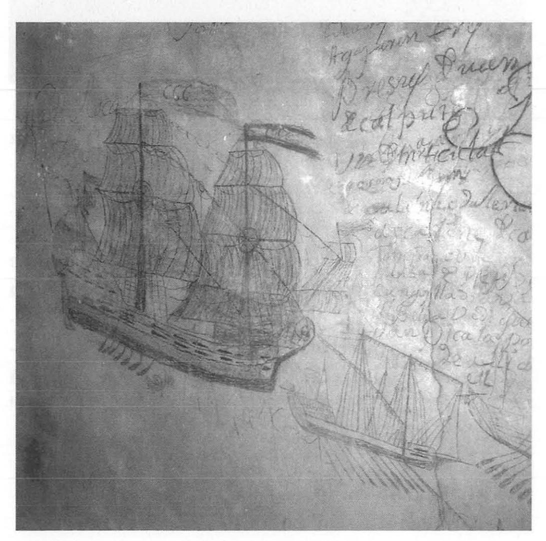


Figura 3
Grafitos del castillo de Cubelles (Fotografía del autor, 2013)

de los que hubieran sido los cuidadores del Castillo, y a quien se considera que estuvo recluido en las planta altas del castillo de setiembre a noviembre de 1768.[5]Las temáticas, ampliamente estudiadasdurante el proceso de documentación del edificio,[6]son básicamente navales, conprecisos dibujos de embarcaciones de la época: jaquebas, fragatas, laudes…y costumbristas, alternadas por escritos del propio Bonaventura Almirall.

Durante la realización del proyecto de consolidación de los techos del Castillo de Cubelles nos lla-

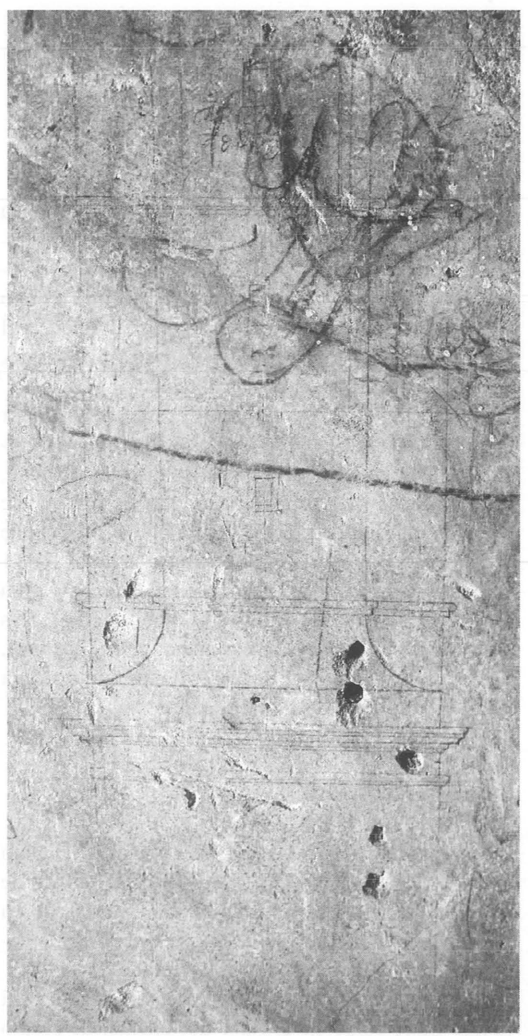


Figura 4
Traza del alzado del campanario (foto del autor 2013)

mó la atención un grafito que, alejándose de la temática recurrente y realizado con una precisión destacable, dibujaba parte del alzado y el esquema de la planta de un campanario (figura 4). De la observación detallada del mismo, es fácil advertir que el dibujo tiene unas características diferenciadas del resto de *grafitos.*El trazo es fino, de gran precisióny de tono negro menos intenso que el resto. Además, su posición relativa en relación con el resto de grafitos se adivina previa, quedando debajo de los trazos más gruesos y expresivos del resto del castillo, indicando que la traza de dicho campanario es anterior a los *grafitos* de Bonaventura Almirall y realizada por otra mano.

La traza, situada sobre la pared de poniente del aposento de la torre, dibuja el alzado de la parte central de un campanario barroco, en la que se puede apreciar parte de la base cuadrada, el cambio a un fuste octogonal y desarrollo del mismo con indicación de cornisas y tres ventanas de reducidas dimensiones en la fachada frontal al espectador. Se aprecian algunas líneas más que completan el dibujo y que se antojan como trazos auxiliares del dibujo. El trazo dibuja con detalle las cornisas y es de gran precisión en la rectitud y paralelismo de las líneas (figura 5). El dibujo en su conjunto tiene unas dimensiones aproximadas de 23 x 122 cm y está realizado sobre el revestimiento interior de la habitación de la planta superior de la torre.



Figura 5
Detalle de la traza (foto del autor 2013)

Unos palmos más a la derecha, se puede apreciar lo que se adivina como el esquema en planta del campanario en su definición entre la transición de una base cuadrada y la planta octogonal del fuste (figura 6). Destaca de esta segunda traza la no diferenciación entre el valor de líneas principales y auxiliares, una precisión similar pero a la que se añaden algunos trazos *a mano alzada* y una simplicidad mucho mayor en comparación con la traza del alzado, mucho más afinada en el detalle.Se asemeja más a un esquema geométrico de la planta o un dibujo auxiliar o complementario, que no a una traza principal con objeto en sí misma.Las dimensiones de esta segunda traza, son aproximadamente de 18 x 18 cm, y está realizada también sobre el revestimiento de las paredes de la misma estancia.

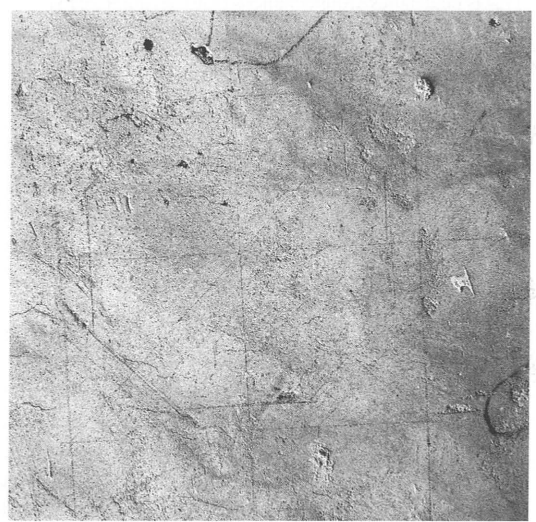


Figura 6
Traza del esquema de planta de un (foto del autor 2013)

Con la localización de este hallazgo, se decide realizar una inspección visual del resto de las salas y estancias del castillo para descartar la existencia de otras trazas similares (figura 7). Hasta el momento no se han encontrado otras con el mismo tamaño o grado de precisión, localizando, únicamente pequeños esquemas de detalles arquitectónicos, en su ma-

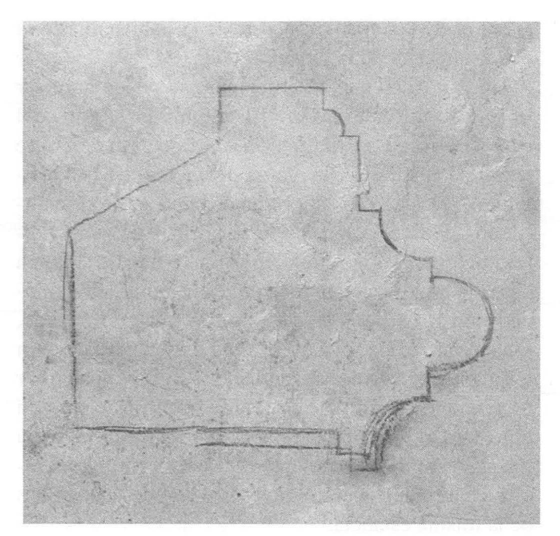


Figura 7
Trazas de detalles arquitectónicos (foto del autor 2013)

yoría cornisas, en trazas de mucha menor calidad en su factura.

Del análisis detallado de la traza y el estudio documental de la información relativa a Fra Josep de la Concepción, su obra y, en especial, el castillo de Cubelles y los campanarios por el proyectados, se han podido establecer unas relaciones que hacen estimar muy razonable la atribución de dicha traza a Fra Josep de la Concepción. Algunos de estos aspectos son los que se exponen a continuación.

En primer lugar destaca la gran similitud existente entre la traza hallada y los tres campanarios trazados por Fra Josep de la Concepció: Vilanova i la Geltrú, Tàrrega i Torelló. El campanario de Vilanova i la Geltrú, considerado por la mayoría de investigadores (Ferrer i Soler, 1953; Martinell, 1963; Narváez, 2000), como modelo profusamente imitado en años posteriores,[7] o el de Santa Maria de l'Alba Tárrega, coinciden de manera asombrosa con la traza encontrada en Cubelles.Como se verá más adelante, es estremecedora la comparativa grafica entre ellos y la traza encontrada, por su asombrosa coincidencia dimensional i de proporciones. El de Sant Feliu de Torelló, aunque también con grandes similitudesen el esquema principal, dispone de algunas características diferenciadoras que lo hacen mantener al margen de esta comparación.

En segundo lugar, la coincidencia temporal de los hechos. La traza del castillo de Cubelles fue realizada por Fra Josep en 1672 y las obras se realizaron bajo su supervisión entre los años 1673 y 1674. Es lógico pensar que la traza encontrada se debió realizar al final de la obra, en la segunda mitad del año 1674, cuando el revestimiento de yeso estaba lo suficientemente seco y duro como para poder dibujar sobre él con suficiente comodidad y con la precisión que muestra el dibujo.Fra Josep de la Concepció realizó las primeras trazas de los campanarios proyectados por el en un periodo muy corto de tiempo: Vilanova i la Geltrú (1670), el templo parroquialde Santa María de l'Alba de Tàrrega (1672)y el templo parroquial de Sant Feliu de Torelló (1672). Esto nos indica que, si bien en 1674 *el tracista* ya había realizado el primer trazado de los tres campanarios, éstos se encontraban en el inicio de su construcción yen algunos casos, como está documentado en el caso particular de Vilanova i la Geltrú, habían sufrido ya la necesidad de algún ajuste en su traza.[8]

El periodo de 1670 a 1675

El periodo temporal que va de 1670 a 1675 es especialmente rico en proyectosy obras para Fra Josep de la Concepció.[9]Se atribuye este hechoal reconocimiento conseguido con las obras de adaptación del-*Halla de draps* al nuevo Palacio del Virrey en Barcelona iniciadas en 1663 y finalizadas en 1668.[10] Sea como fuere, dos años después de la finalización de dichas obras Fra Josep recibe numerosos encargos, tanto religiosos como civiles. Son buenos ejemplos: el templo parroquial de Sant Feliu de Torelló, el templo parroquial de Santa Maria de l'Alba de Tàrrega, la casa consistorial de Vic, el campanario de Vilanova i la Geltrú, el hospital de Reus, así como diversas capillas, entre otros.

Los campanarios

Es justamente en el periodo de máxima producción de Fra Josep de la Concepció, el que abarca de 1670 a 1675, cuando se le encargan los proyectos de los tres campanarios que realizaría en toda su vida, el de Vilanova i la Geltrú en 1970 y los que formaran parte de los templos parroquiales de San-

ta María de l'Alba de Tàrrega y Sant Feliu de Torelló ambos en 1672.

El campanario de Vilanova i la Geltrú (1670-1706)

El proyecto del campanario de Vilanova i la Geltrú es el primero que traza fra Josep de la Concepció y el que tiene un proceso más largo e irregular.[11]

La primera piedra es colocada el mismo año de la presentación de la traza y las obras se inician al siguiente, en 1671. Solo un año después, fra Josep es llamado para la modificación de la traza, desconocemos en qué modo, y dos más tarde, en 1674, se paralizan las obras por falta de recursos. Esta primera fase de las obras es realizada por el maestro Joan Homs de Barcelona.Once años más tarde, en 1685, se acuerda reemprender las obras del campanario. Éstas se inician al año siguiente por el maestro Joan Corba de Tarragona y vuelven a paralizarse después de dos años y algunos meses después, en 1688.

La segunda paralización dura cinco años, hasta que en 1693, Bartomeu Soriano primero y Josep Soriano después, retoman las obras y consiguen acabar el campanario en 1706, treinta y seis años después de su inicio y dieciséis de la muerte de fra Josep en 1690. Se trata de un campanario barroco de unos 50 metros de altura con base cuadrada que se torna octogonal en le fuste (figura 8). Está dispuesto de manera aislada sin contacto con el templo lo que permite una vista completa del mismo. Dispone de una primera galería inferior de gran tamaño, y otra superior de dimensiones más reducidas y con balaustrada sobre la primera, rematada con un templete en la cumbre. Todo ello labrado en piedra de la zona formando un conjunto armónico de gran belleza y robustez.

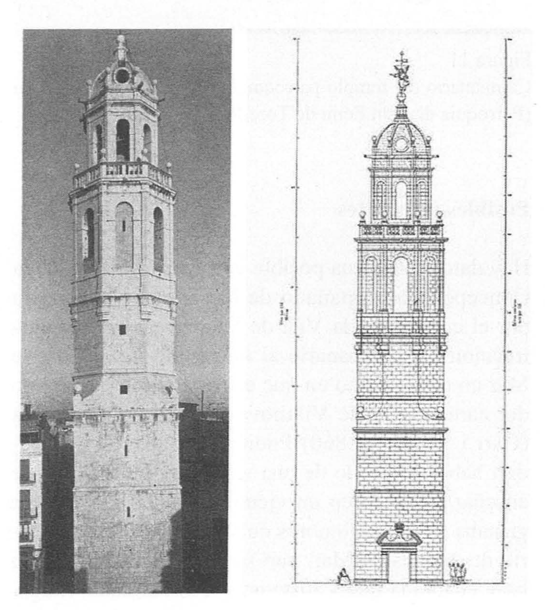


Figura 8Campanario de Vilanova i la Geltrú y litografía de época (Martinell 1966)

El campanario de Tàrrega (1672-1747)

El campanario de Tàrrega, forma parte del proyecto completo para el templo parroquial de Santa Maria de l'Alba del municipio. Fra Josep de la Concepció

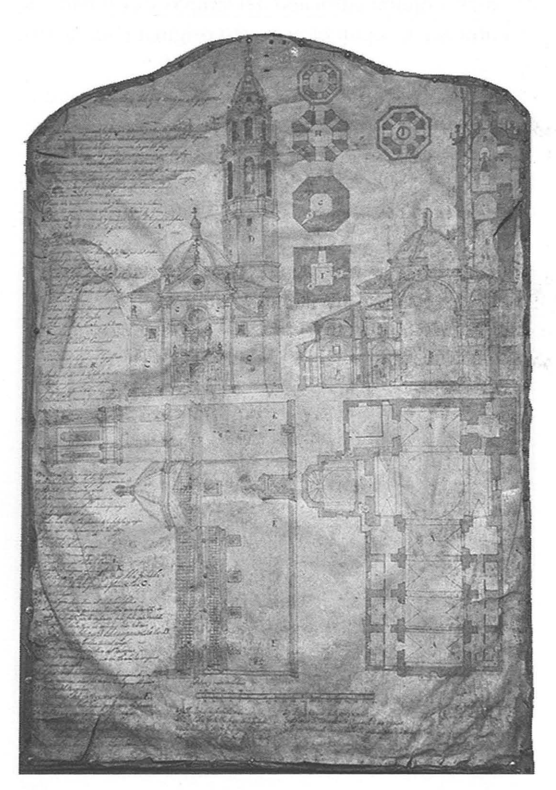


Figura 9
Traza del campanario del templo parroquial de Tàrrega (Josep Maria Martí i Carnicer 2013)

fue llamado para la visuración del estado del templo de Tàrrega en 1672 después de la caída del campanario y parte del templo pocos meses antes.La traza para el nuevo templo (figura 9), que incluía el campanario, se presentó el mismo año y se conserva aún en el archivo parroquial del municipio, siendo una joya del barroco catalán.El campanario trazado, coincide, en sus líneas, proporciones y medidas, con el de Vilanova i la Geltrú, trazado dos años antes. Las pequeñas diferencias, se centran en la aparición de una tercera galería justo por debajo del templete superior.

El inicio de las obras fue también inmediato y la prolongación de las obras en el tiempo superó de nuevo la vida de Fra Josep, el cual realizó su última visita en 1688. El campanario quedó, en realidad, sin finalizar llegando solamente hasta la ejecución de la primera galería, estado en el que se encuentra actualmente.[12]La imagen exterior es, como en Vilanova i la Geltrú, de armonía y robustez, aunque queda integrada en el conjunto edificado del templo y es faltado de su coronación según el proyecto original (figura 10).

El campanario de Torellò (1672-1680)

El tercero de los campanarios de fra Josep de la Concepció fue concebido en el mismo año que el de Tàrrega, en 1672. Aunque responde a un esquema similar a los anteriores, es de formalización y materiales más humildes.Dispone de galería y remate con templete superior con galería y cubierta piramidal, en este caso no utiliza la cúpula como en los dos anteriores (figura 11). El fuste octogonal diferencia claramente entre cuatro caras principales y cuatro secundarias, menores en dimensión y ciegas.



Figura 10
Campanario del templo parroquial de Santa Maria de l'Alba de Tàrrega (Josep Maria Martí i Carnicer 2013)



Figura 11
Campanario del templo parroquial de Sant Feliu de Torelló (Parròquia de Sant Feliu de Torelló)

Posibles referentes

Hay datos sobre una posible visita de Fra Josep de la Concepció, acompañado de la comisión designada por el consejo de la Vila de Vilanova, para la construcción del campanario al municipio de Arenys de Mar en el momento en que estos le hacen el encargo del campanario de Vilanova i la Geltrú al tracista (Gari i Siumell, 1860) Pudiéndose deducir que podría haberse tratado de una visita con la finalidad de enseñar a Fra Josep un ejemplo de campanario que gustaba a los prohombres de Vilanova.[13]El campanario de Arenys de Mar, aun siendo un campanario de base cuadrada que y fuste octavado de planta irregular, dista de asimilarse a los campanarios de fra Josep mucho más esbeltos y proporcionados y con una

imagen alejada de que la que ofrecen las grandes cornisas del campanario de Arenys de Mar.

Por otra parte, es destacable que, tan solo un mes antes de que Fra Josep de la Concepció entregara la primera traza para el campanario de Vilanova, este se encontraba en Esparraguera trabajando en el retablo del templo de dicho municipioy, era lógico pensar, que vio el campanario del templo de Esparraguera. Como afirma Ferrer i Soler (1953)«Mayores puntos de contacto ofrece, en cambio, con el campanario de Esparraguera —terminado en 1612— (figura 12), villa donde el fraile carmelita precisamente estaba trabajando en el mismo año que trazaba los planos para Villanueva (1670)...». Aunque las similitudes con el campanario de Esparraguera son mayores, sobre todo en lo que se refiere a sus proporciones, la relaciónpodría haber sido dada a la inversa, debido a que «*Sí semblademostrable una intervenció portada a terme per l'arquitecte Bartomeu Soriano l'any 1681 en base a una edificació preexistent*» (Narváez. 2000).Recordemos aquí que Bartomeu Soriano fuequien, en 1693,acometiera también las obras del campanario de Vilanova i la Geltrú después de la segunda paralización de las obras. Aunque el campanario de Vilanova tenía ejecutada tan solo su base cuadrada en ese momento, las trazas del mismo ya estaban hechas y en marcha en la obra.

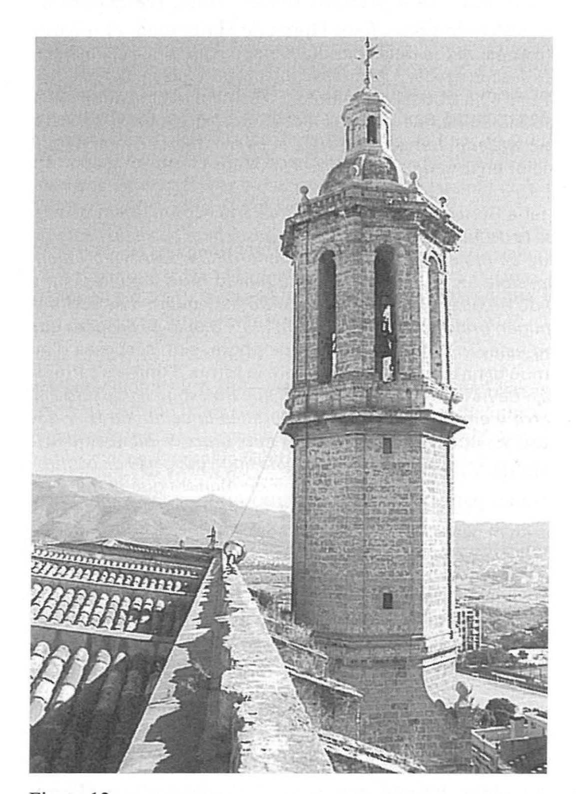


Figura 12
Campanario de Esparraguera (Galí 2000)

La traza del campanario del castillo de Cubelles en relación a los campanarios de la obra de Fra Josep de la Concepció

De lo comentado anteriormente se deduce que la traza hallada en el aposento de la torre del castillo de Cubelles, es atribuible a Fra Josep de la Concepció y debería haber sido hecha al final de las obras del mismo, la segunda mitad del año 1674. En ese mismo año, la obra del campanario de Vilanova i la Geltrú llega a la última hilada de la base cuadrada y quedará paralizada por once años, hasta que se vuelve a retomar el 1686.[14] El campanario del templo parroquial de Santa Maria de l'Alba de Tàrrega está en construcción y no consta que fra Josep lo visitara des de noviembre del 1673 hasta abril de 1986. Y, finalmente, el campanario de Sant Feliu de Torelló justo empieza a ser construido.Realizando el ejercicio de comparar la traza hallada conla litografía de época

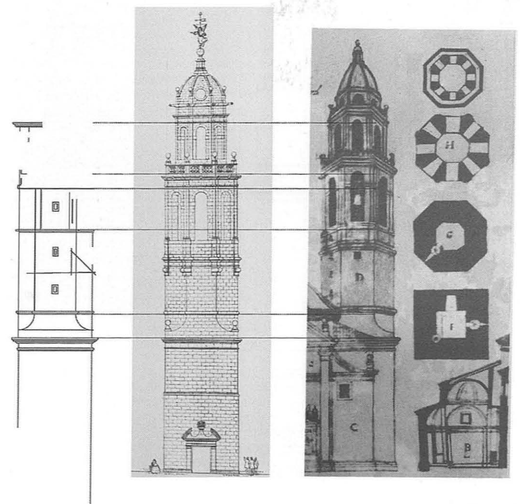


Figura 13
Dibujo comparativo de la trazas (dibujo del autor 2013)

del campanario de Vilanova i la Geltrú y la traza del campanario del templo parroquial de Santa Maria de l'Alba de Tàrrega (Figura 13), descubrimos unos resultados interesantes (figura 13).

La relación entre la mayoría de líneas horizontales principales de los dos campanarios coincide con la de la traza, en el caso del campanario de Tàrrega la coincidencia es casi perfecta. Recordemos que la traza del templo parroquial de Santa Maria de l'Alba de Tàrrega (1672) se presupone anterior a la encontrada en las paredes de Cubelles (1674). Si seguimos observando el dibujo comparativo descubriremos una diferencia que si es substancial entre la traza hallada y los dibujos de los otros dos campanarios y que tiene estrecha relación con el esquema de planta que aparece unos centímetros más allá en la pared original. La traza del alzado del campanario hallada en Cubelles está representando una construcción con fuste octogonal no regular, es decir, en la que sus ocho caras no corresponden a lados de igual magnitud sino, más bien, se asemeja más a un cuadrado que ha sido achaflanado en sus aristas disponiendo de cuatro lados más largos que los otros cuatro (figura 14).

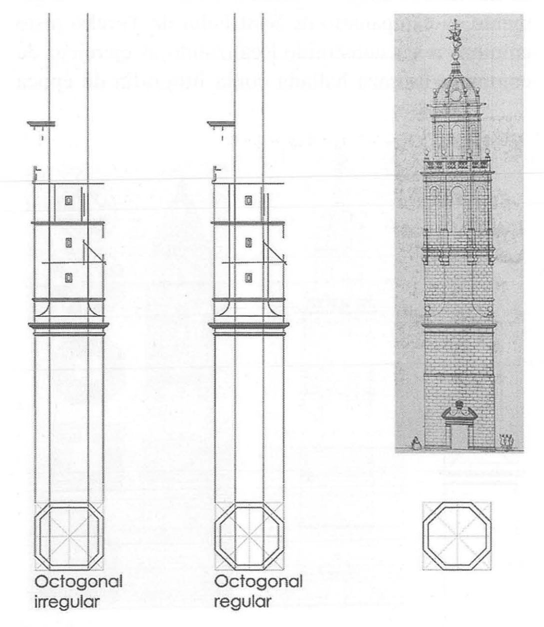


Figura 14
Dibujo comparativo de las trazasen planta y alzado(dibujo del autor 2013)

Si seguimos analizando la traza original podemos observar que las líneas auxiliares del dibujo, evidenciadas principalmente por un triángulo en la parte central derecha del mismo y unas líneas verticales inacabadas en la zona central, en realidad corresponden a los trazos que dibujarían un campanario con fuste octogonal regular como el de la planta adyacente.

El esquema de planta octogonal de lados desiguales cuatro a cuatro es el que utiliza Fra Josep en todos sus campanarios en ejecución: Torelló y Tàrrega e, incluso, en el que supuestamente fue a visitar de Arenys de Mar. Desconocemos si el campanario de Vilanova i la Geltrú también partía de este esquema o si el de Esparraguera pudo haber sido también así antes de la reforma de 1681 realizada, recordemos, por el maestro albañil que retomaría las obras del campanario de Vilanova en 1693.

En cualquier caso, el único campanario que Fra Josep de la Concepció realiza con una planta octogonal regular es el de Vilanova i la Geltrú, paralizado en el año 1674 y cuyas obras estaba realizando el maestro de obras Joan Homs de Barcelona, el mismo maestro de obras que, junto con Joan Vinyals de Vilanova, está realizando, en ese mismo año, las obras del castillo de Cubelles en el que se ha localizado la traza.

Conclusiones y preguntas

Parece razonable la atribución de la traza a Fra Josep de la Concepció en torno a 1674 y que ésta fuera un esquema del campanario de Vilanova i la Geltrú que *el tracista* utilizara para comentar algún aspecto particular al constructor del castillo de Cubelles que, en ese mismo año era también constructor del campanario de Vilanova i la Geltrú.[15] Las obras del campanario se paralizarían este mismo añopor falta de recursos económicos llegado tan solo a poder completar la base cuadrada y estando por empezar la transición entre ésta y el fuste octogonal.

A partir de este punto, tan solo podemos formularnos algunas preguntas que, en base a lo visto hasta ahora, nos parecen verosímiles: ¿Estaría *el tracista* indicando al constructor del campanario e Vilanova i la Geltrú como proceder en la transición entre la base y el fuste del campanario en caso de que se retomen las obras durante su ausencia? Según sostiene (Ferrer i Soler, 1953)Fra Josep de la Concepció se encontra-

rá establecido en Madrid a finales 1974 des de donde lo requerirán para el proyecto del Hospital de Reus cosa que parece razonable que podía haber sabido a mediados de 1674.[16] ¿Está mostrando esta traza el momento de cambio estilístico entre campanarios de fuste octogonal achaflanado a fuste octogonal regular en la obra de Fra Josep de la Concepció?

El campanario de Vilanova i la Geltrú es el único campanario de Fra Josep de la Concepció con fuste octogonal regular, su construcción se alargó durante treinta y seis años con dos paralizaciones de obra intermedias de once y cinco años, y se considera que ha servido de modelo para campanarios posteriores realizados en Catalunya durante el barroco.

NOTAS

1. César Martinell i Brunet. Reconocido arquitecto del modernismo catalán, discípulo de Gaudí, conocido principalmente por sus edificios de bodegas agrícolas. Nacido en Valls, al igual que fra Josep de la Concepció, en 1888, trabajó también como historiador y divulgador de arte.
2. Ver la magnífica tesis de Carme Narváez (2000): El tracista Fra Josep de la Concepció i l'arquitectura carmelitana a Catalunya.
3. Este aspecto y su relación con la tratadística del s.XVII se trata es detalle en la ponencia: La realidad construida del castillo de Cubelles según las trazas y el contrato del tracista fra Josep de la Concepció en relación a los tratados constructivos del siglo XVII: puntos de encuentro y desencuentro(Genís; Planelles, 2011).
4. (Madurell Marimon, 1954) transcribe los contratos de Fra Josep de la Concepció en el artículo: El tracista Fray José de la Concepción. *Analecta Sacra Tarraconense.*
5. La vida de Bonaventura Almirall i Borell, intensa y plagada de incidentes, queda bien detallada en el estudio « Els grafits manuscrits del castell de Cubelles» (Castellano i Tresserra, 1998).
6. Para más información sobre los grafitos véanse los artículos « Els grafits manuscrits del castell de Cubelles » (Castellano i Tresserra, 1998), « Els grafits de tema costumbrista del segle XVIII del Castell de Cubelles» (Sureda, 1998) y «Los grafitos de tema naval del castillo de Cubelles» (Martínez-Hidalgo y Terán, 1998). En estos artículos, contenidos dentro del número 10 de la publicación «Quaderns científics i tècnics de restauració monumental» de la Diputació de Barcelona (González Moreno-Navarro, Lacuesta y López Mullor, 1998) se realiza explicación detallada de cada uno de los grafitos localizados en el castillo. Tanto los de texto, como los de temática costumbrista y naval son estudiados uno a uno y detalladamente. Quedan fuera de estos estudios, los grafitos de tema arquitectónico, muy inferiores en número, en los que el presente estudio centra su mirada en uno de ellos en particular.
7. Los tres autores citados coinciden en afirmar que los campanarios de Cubelles (construido durante la primera mitad del siglo XVIII) i de El Vendrell (construido entre 1732 y 1739) son imitaciones directas del campanario de Vilanova i la Geltrú, con pequeñas variantes estilísticas y formales.
8. Como recoge Albert Ferrer i Soler (1953): «...a últimos del mes de marzo [1672], fra Joseph de la Concepció estuvo cinco días en la localidad [Vilanova i la Geltrú], rectificando los planos y supervisando las obras, por cuya labor cobró la suma de 41 libras», basándose en el Codex ómnium jure communicantium quadragissima in Parrochiali Ecclesia Sti. Antonii Villanova Cubellorum. 1683. Apud Reverendiis Rectorem Dre. Petrum Paulum Atxer.
9. «A tall d'exemple: entre els anys 1672 i 1673, dos dels més atapeïts de treballs, fra Josep està treballant a Vic com a superior de les obres de construcción del convent dels descalços i en la confecció de la traça de l'ajuntament, es desplaça a Vilanova i la Geltrú per revisar la traça del campanar, presenta a Torelló les traces de la nova església parroquial, viatja a Tàrrega per visurar l'església i l'ajuntament i rep l'encàrreg de la traça de la nova parroquial, confección les traces de la capella de la Immaculada Concepció a la seu de Tarragona (que componen no només aqruitectura sinó també escultura i arts sumptuàries), treballa en la remodelació dels castells de Cubelles i Botarell (no només com a arquitecte, sino també com a director de les obres), en la construcció d'una casa a Segur (també com a tracista i supervisor), i torna a Tàrrega per inspeccionar l'estat de les obres de construcción de l'església. L'any següent, a més de portar entre mans totes aquestes empreses, es desplaçarà a Madrid, on el cridaran des de Reus per traçar l'Hospital» (Narváez, 2000).
10. «La traça que de la reforma va fer fra Josep, deixà satisfet el Virrei, i aquesta obra, la primera que cronològicament se'ns presenta l'any 1663, convertí el nostre frare llec en el més alt valor de l'arquitectura catalana, la intervenció del qual es requerida per a obres d'importància» (Martinell, 1963).
11. Son fundamentales para la profunda comprensión del proceso de construcción del campanarios la tesis de Carme Narvàez (2000), y los artículos de César Martinell (1963) i Albert Ferrer i Soler (1953).
12. En el momento de redacción de este artículo el ayuntamiento de Tàrrega está acometiendo el levantamiento

de planos del templo parroquial de Santa Maria de l'Alba, hecho que seguro aportará nueva información para el estudio de la interesante obra de Fra Josep de la Concepció.

13. «D. IsidroPapiol y D. Magin Gassó pasaron á Barcelona y de allí con el P. Fr. José de la Concepción, Carmelita Descalzo, pasarón a Arenys, donde este religioso saco la idea ó la planta y la trajo á esta el dia 29 de Julio del año 1970» (Gari i Siumell, 1860).
14. Existen fechas gravadas en piedra que documentan la evolución de la obra. Las describe Ferrer citando al Archivo Parroquial de Sant Antoni Abad: «En ese tiempo tenían ya construido hasta la altura del portal, pues la fecha 1672, aparece inscrita en un sillar existente encima del mismo, por su cara interna. Meses después se colocaba el escudo que remata la expresada portada, donde figura la fecha 1673…En otra piedra existente debajo del segundo cordón perpendicular a la puerta y al último de la base cuadrada, se lee 1674, en las postrimerías de cuyo año se paralizó».
15. El municipio de Vilanova i la Geltrú, se encuentra a tan solo 6 kilómetros del de Cubelles y perteneció a esta población hasta 1611 llamándose hasta entonces Vilanova de Cubelles.
16. No está muy clara cuando se produjo la presencia del fraile en Madrid. Ferrer i Soler (1953) la apunta en 1674, año en que es llamado para la traza del Hospital de Reus, mientras que Martinell (1963) añade que el cronista de su biografía documenta que el viaje se podía haber producido en 1689, a los 63 y apunta a una enfermedad causada por el clima riguroso como probable causa de su muerte en Valencia.

Lista de referencias

Castellano, Anna. 1998.«Els grafits manuscrits del Castell de Cubelles». *Quaderns científics i técnics de restauració monumental 10.* Barcelona: Diputació de Barcelona.

Ferrer i Soler, Albert. 1953. «El Campanario de la Iglesia arcisprestal de Villanueva y Geltrú». *Boletín de la Biblioteca Museo Balaguer.* Vilanova i la Geltrú: Centre d'estudis de la Biblioteca-Museu Balaguer.

Garganté, María. 2004. «L'església parroquial de Tàrrega durant els segles XVII i XVIII: del classicisme de fra Josep de la Concepció al barroquisme de Pere Costa». *URTX. Revista Cultural de l'Urgell.*Tàrrega: Museu Comarcal.

Gali, David. 2000.«El campanar de l'església de Santa Eulàlia d'Esparreguera». *Quaderns científics i Tècnics de restauració monumental,* 11. Barcelona: Diputació de Barcelona.

Gari i Siumell, José Antonio. 1996. *Descripción e historia de la villa de Villanueva y Geltrú, desde su fundación hasta nuestros días.* Vilanova i la Geltrú: El Cep i la Nansa ediciones.

Genís i Vinyals, Mariona y Jordi Planelles i Salvans.2011. «La realidad construida del castillo de Cubelles según las trazas y el contrato del tracista fra Josep de la Concepció en relación a los tratados constructivos del siglo XVII: puntos de encuentro y desencuentro». *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la construcción, Santiago de Compostela.*Madrid: Instituto Juan de Herrera.

González Moreno-Navarro, Antoni;Lacuesta, Raquel y Albert López Mullor. 1998. *Quaderns científics i técnics de restauració monumental10.* Barcelona: Diputació de Barcelona.

Nárvaez, Carme. 2000. *El tracista Fra Josep de la Concepció i l'Arquitectura Carmelitana a Catalunya.* Barcelona: Publicacions de l'Abadia de Montserrat.

Nárvaez, Carme. 2002. «El tracista Fra Josep de la Concepció: revisió historiogràfica i noves atribucions». *Locus Amoenus.* Bellaterra: Universitat Autónoma de Barcelona.

Madurell Marimon, José Maria. 1954. «El tracista Fray José de la Concepción». *Analecta Sacra Tarraconense.* Barcelona: Balmesiana.

Martinell, Cèsar. 1953. «Las viejas "trazas"». *Boletín de la Biblioteca-Museo Balaguer.* Vilanova i la Geltrú: Centre d'estudis de la Biblioteca-Museu Balaguer.

Martinell, Cèsar. 1963. *Arquitectura i escultura barroques a Catalunya.* Vol. 2. Barcelona: Alpha.

Martinell, Cèsar. 1966. «Un arquitecto eminente del siglo XVII, Fray Josep de la Concepció «El Tracista»». *Cuadernos de arquitectura.* Barcelona: Col·legi Oficial Arquitectes Catalunya.

Magrans, Rosa. 2005. «L'obra de fra Josep de la Concepció i la seva relació amb els escultors Joan Grau, Francesc Grau i Domènec Rovira». *Del Penedès* 11. Vilanova i la Geltrú: Institut d'Estudis Penedesencs.

La iglesia del Real Monasterio de Santa María de Poblet: pasado y presente de un desequilibrio

Jorge Portal Liaño
José Luis González Moreno-Navarro

La valoración de la importancia de los sistemas monumentales como testimonio y documento del pasado, además de sus valores artísticos y simbólicos, y en particular de los monasterios, como uno de los máximos exponentes de la espléndida simbiosis entre arte y religiosidad, de la que forma parte inseparable su entorno, hacía patente la necesidad de desarrollar un soporte estratégico y metodológico, basado en el conocimiento previo del monumento entendido como un sistema unitario, con vistas a definir las actuaciones necesarias para garantizar tanto la pervivencia de su soporte físico como el desarrollo de su difusión y conocimiento: El *Plan Director para las futuras intervenciones en el entorno construido del Real monasterio de Santa María de Poblet* (Portal et al. 2011).

La iglesia mayor del monasterio, es uno de los edificios que ha requerido una atención prioritaria. A lo largo de su historia ya se detectaron deformaciones y problemas de equilibrio que afectaban a las bóvedas y sus sistemas de contrarresto, dando lugar a múltiples reparaciones y arriesgadas intervenciones. Su estudio nos ha llevado a relacionar la historia del edificio con las lesiones que presenta, siendo el objetivo principal de la investigación adquirir un mayor grado de comprensión sobre los procesos que han llevado a la estructura a su estado actual y determinar las condiciones actuales de estabilidad del edificio.

La reforma cisterciense

El Cister surgió a finales del siglo XI como reacción de varios monjes benedictinos ante lo que consideraban una relajación excesiva, consecuencia de la ociosidad y la riqueza, de la orden de Cluny. Su intención era recuperar, en la soledad y la pobreza, la observancia de la *Regula Benedicti* de San Benito de Nursia, su primer fundador. Después de una primera experiencia fallida, un grupo de monjes se estableció en Cîteaux, en la Borgoña francesa, iniciándose una reforma monacal cuyas consecuencias trascendieron más allá de lo espiritual, con notables repercusiones en los terrenos arquitectónico y artístico.

Los monasterios del Cister

Apenas unas décadas más tarde, la orden se había extendido por toda Europa fundando decenas de monasterios que, se convirtieron, además, en centros de desarrollo económico y cultural, desde los que se gestionaban vastos territorios y donde se custodiaban, transcribían y copiaban los textos más representativos de la cultura occidental.

La vida diaria de los monjes se regía por los preceptos definidos en los capítulos de la regla. Repartiendo, cada monje, Los monjes repartían su tiempo entre el trabajo, la meditación, la oración y el sueño. Esta rutina se traspone al esquema funcional de los monasterios, que se organizan, adaptándose al uso,

según el modelo del monasterio suizo de Saint Gall.

Las construcciones del Cister presentan una perfecta correspondencia entre la realización formal y su adecuación al uso, generando tipos edificatorios que responden a su función y que se materializan conforme al precepto de la austeridad cisterciense. A pesar de todo, con el tiempo, el Cister acabó aceptando la ostentación arquitectónica y la temática ornamental originariamente prohibidas, para dejarnos algunos de los más bellos ejemplos artísticos de la época del Gótico (Liaño. 2010).

Poblet

A mediados del siglo XII quedó consolidada la tarea reconquistadora, con la caída de Lérida y Tortosa, llevada a cabo por los condes de Barcelona en la Cataluña meridional. Se recurrió entonces a la orden del Cister para favorecer la repoblación con la implantación de varias comunidades monásticas, Poblet, Santes Creus y Vallbona (Liaño. 2009).

En 1150 Ramón Berenguer IV donaba un extenso territorio junto al río Francolí a la abadía cisterciense francesa de Fontfroide. Tres años más tarde, los monjes se hallaban definitivamente instalados en ese punto de la Cataluña Nueva denominado, según se dice, *Hortus Populetus*, el bosque donde hay álamos (Altisent. 1974). Ya en el momento de la fundación el conde mostraba su deseo de que tuvieran «tierra suficiente para construir allí el monasterio con claustro, dormitorio, refectorio y todas las dependencias pertinentes».

Por lo que sabemos de la evolución de las obras, es evidente que existía un proyecto o planificación en cuanto al número y condición de los edificios previstos, el tamaño y el lugar en el que debían realizarse, así como el orden de prelación de unos sobre otros. El cenobio se completa con las obras realizadas durante el abadiato de Ponce de Copons [1316-1348] y el palacio del rey Martín el Humano [1397]. Con la finalización de la muralla bajo el reinado de Pedro el Ceremonioso, la mayor parte de las dependencias monásticas se encuentran acabadas, habiendo sido realizadas en estilo Románico y Gótico (figura 1).

Dentro de la lógica riqueza y complejidad tipológica y constructiva que se da en los diferentes edificios del conjunto monástico, existen suficientes factores comunes generales que permiten la definición de un esquema constructivo simplificado con el que describir la mayoría de los casos. El monasterio siguió el esquema organizativo y las tipologías constructivas propias de la arquitectura cisterciense utilizando, en muchos aspectos, el modelo de la casa madre de Fontfroide. Desde el punto de vista de su razón constructiva, se trata mayoritariamente de estructuras de fábrica abovedadas. Es decir, que para ser capaces de satisfacer sus solicitudes estáticas precisan de sistemas de contrarresto para los empujes horizontales que provocan, existiendo una íntima relación entre la forma, los materiales de construcción los sistemas constructivos y la manera en que se transmiten los descensos de las cargas hasta el terreno.

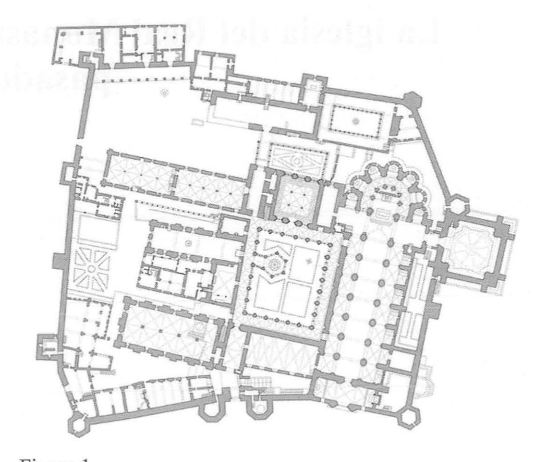


Figura 1
Planta del monasterio de Poblet. Recinto amurallado bajo el reinado de Pedro el Ceremonioso (dibujo del autor 2011)

La iglesia mayor

Las noticias documentales sobre su edificación resultan confusas e insuficientes. Para establecer la secuencia constructiva que ha servido de base al presente trabajo, se ha tomado como base la historiografía existente y, en especial, las últimas investigaciones histórico-artísticas realizadas sobre el monumento, que han propuesto una nueva cronología. El primer documento que haría referencia a construcciones de entidad en el cenobio dataría, según Altisent (Altisent. 1974), de 1163, cuando Arnau

de Bordells hace un donativo «*ad edificandum domum petrinam in monasteruim Populeti*» (Santacana. 1967). No será hasta a partir de 1170 cuando aparecerán las primeras referencias explícitas a la construcción de la iglesia.

Entre los dos modelos de planta más extendidos en las iglesias cistercienses, Poblet siguió el derivado de Clairvaux. Basilical, con amplio transepto y cabecera monumental. A pesar de las múltiples similitudes existentes entre la iglesia de la casa madre y la de Poblet, resultó ser un claro ejemplo de experimentación. Un ábside de cinco paños precedido por un tramo recto que equivale a la profundidad de las dos capillas orientales de los brazos del crucero. Todo ello rodeado por la girola a la que se abren cinco capillas o absidiolos. Tanto éstos como las capillas del crucero responden a planteamientos espaciales y constructivos propios aún del Románico. Poderosos muros y bóvedas de horno. El tramo previo del ábside y los brazos del crucero se cubrieron con bóvedas de cañón apuntado. Por el contrario, en la girola se hicieron bóvedas de crucería con nervios de sección circular que parecen más reforzar bóvedas de arista que tener una verdadera implicación con la plementería. Del mismo modo se construye la bóveda del ábside, a medio camino entre un cuarto de esfera reforzado por nervios y la crucería gallonada. El resultado es una serie de construcciones que se apoyan entre si unas a otras, desde los absidiolos hasta la gran bóveda del crucero. Esta parte del edificio debió acabarse hacia finales del siglo XII.

No se conoce con certeza la cronología de las naves longitudinales del templo, que deben de iniciarse a principios del siglo XIII. Las laterales, que aportan estabilidad a la central, debieron construirse, necesariamente, antes que ésta. Solo se conserva la del evangelio, pero es razonable pensar que las dos naves se construyeron de forma idéntica, como continuación de las bóvedas de la girola. En cuanto a la central, se siguió la tradición y la práctica bien conocida de la bóveda de cañón apuntado, ya utilizada satisfactoriamente en el transepto, reforzada periódicamente mediante arcos fajones (figura 2). Los sucesivos arcos de descarga de los muros laterales y los arcos formeros transmiten las cargas a los pilares, utilizando un sistema estructural y formalmente muy similar al de la nave central de la iglesia de la casa madre de Fontfroide, donde podría haberse tomado de Cluny. Las bóvedas de crucería, menos experimentadas, quedaron relegadas a espacios menos comprometidos.

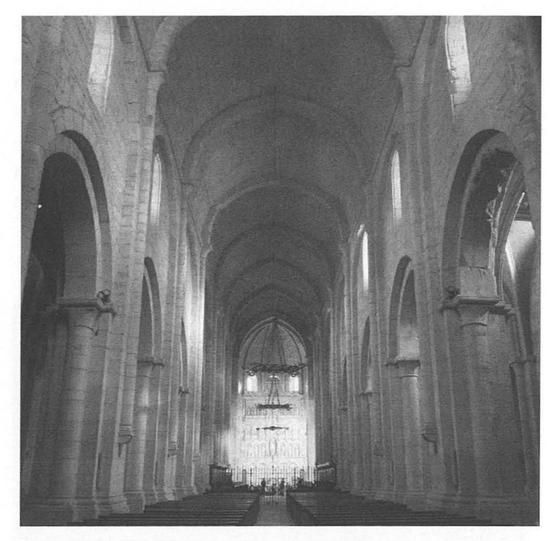


Figura 2
Vista, desde los pies, de la nave central de la iglesia (foto del autor 2013)

Lesiones y deformaciones

Según las indicaciones de la Orden, las nuevas comunidades, buscaban para el asentamiento de sus monasterios lugares con abundancia de agua que dispusieran de terreno suficiente para su trabajo y aprovisionamiento de acuerdo con la idea de la «*pauperitas fecunda*». La de Poblet se trata de una zona de sedimentos cuaternarios de tipo aluvial que cubren sedimentos terciarios formados por margas con intercalaciones de arenisca. El terreno fue regularizado para la implantación de los edificios mediante rellenos antrópicos. Presenta, en sus estratos más superficiales, un comportamiento geotécnico de medio a bajo.

Las características del terreno y un empuje de la bóveda central no suficientemente contrarrestado pudieron ser, según los historiadores, las causas de lesiones en la nave más meridional que se habrían acentuado con la apertura, realizada por el abad Copons, de un cuerpo de capillas laterales (Altisent. 1974). La combinación de estos factores sería, proba-

blemente, la causa por la que se hizo necesario rehacer la nave del lado de la epístola. Operación que, por otra parte, resultaba beneficiosa desde el punto de vista económico y de prestigio. Independientemente del motivo que pudiera haber provocado la realización de esta arriesgada operación, se trata de la intervención arquitectónica de mayor relevancia en la historia del edificio (figura 3).



Figura 3
Vista desde el crucero de las bóvedas de la nave lateral del lado de la epístola de la iglesia (foto del autor 2013)

En 1575 se produce el incendio del órgano y la sillería, pudiendo ser ésta, según las crónicas del padre Vallespinosa [1652], la causa de la aparición de una grieta en la bóveda de la nave central. Esta lesión, la más importante observada, se cita repetidas veces en la historiografía del monasterio, atribuyéndosele orígenes diversos: el gran terremoto de 1792, que también afectó a otros edificios del conjunto, el incendio del coro y del órgano provocados el 9 de enero de 1822 durante la primera exclaustración. Eduard Toda [1855-1941], en su descripción de las reparaciones que se realizan en la iglesia en 1924, afirma que éstas tenían por objeto «consolidar la bóveda resquebrajada en el terremoto de 1792 y que mostraba una grieta longitudinal, mientras que los pilares y muros exteriores del lado de la epístola estaban inclinados» (Bassegoda, 1983). Entre otras intervenciones, fue necesario construir tres botareles y arbotantes que estabilizaran la nave central en los puntos más críticos y colocar tirantes de hierro en los arcos fajones (figura 4).



Figura 4
Vista del exterior de la iglesia, nave sur. Arbotantes construidos en 1824 (foto del autor 2013)

El 9 de agosto de 1835 un nuevo incendio destruye el órgano y la sillería. Se inicia una nueva exclaustración, la más larga. Se rompen los vitrales y se roban las tejas de las cubiertas. La iglesia, como la mayor parte del cenobio, permanecerá abandonada y a merced de las inclemencias durante nueve años hasta que la comisión provincial de monumentos de Tarragona se hará cargo de su restauración. Ya fuese por los movimientos descritos, por problemas de mantenimiento o por el robo de elementos de cubrición durante las exclaustraciones, las cubiertas de la iglesia han sufrido, a la largo de su historia, recrecidos y múltiples retejados.

En la actualidad se observan, además de otras lesiones derivadas del fuego y las infiltraciones de agua, importantes deformaciones concentradas en las naves longitudinales. En la bóveda de la nave principal con un descenso en el punto central de 63cms; desplomes de 5cms en la del lado del evangelio y de 17cms en el de la epístola; una grieta longitudinal en la clave de la bóveda que presenta una apertura de

3,5cms desde la última reparación datada en 1942; fisuras activas, a 45°, en el muro sur de la nave principal a la altura del segundo y séptimo tramos; deformaciones de plementerías y nervios y fisuras longitudinales en las naves laterales, siendo de mayor relevancia las de la situada más al sur (Portal et al. 2011) (figura 5).

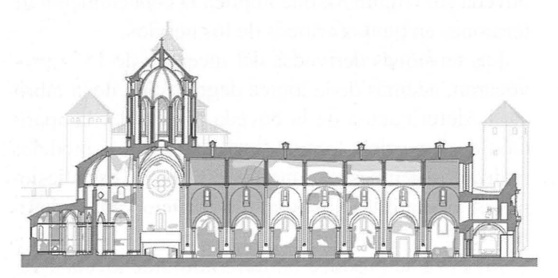


Figura 5
Sección longitudinal de la iglesia. Plan Director del Monasterio de Poblet: Estado de la edificación (dibujo del autor 2011)

Marco teórico del estudio estructural

El objetivo del estudio ha sido caracterizar la estructura bajo determinadas condiciones y acciones. Para poder aplicar la teoría del análisis límite, o análisis plástico (Heyman, 1995; Huerta, 2004), se considera que la resistencia a compresión de los elementos que forman la obra de fábrica es ilimitada, su colapso por deslizamiento es imposible y su resistencia a tracción es nula. En base a esto, el teorema de la seguridad o del límite inferior, define una estructura como estable si es posible hallar una solución que verifique el equilibrio a compresión. Para ello, deberemos ser capaces de determinar, al menos, una línea de presiones (lugar geométrico del punto de aplicación de la resultante de las fuerzas) contenida dentro del contorno de la fábrica. Tal y como indica Huerta, «una de las principales conclusiones de la aplicación del análisis límite es que la seguridad de las estructuras de fábrica es una cuestión de geometría» (Huerta, 2010).

Análisis de la estructura a lo largo de su historia

El siguiente análisis se centra en la parte de la iglesia que presenta más problemas estructurales: el cuerpo de tres naves comprendido en los siete tramos que van del transepto a la galilea. Se proponen, tomando como base el trabajo de Anabel Cortina (Cortina, 2012), estados de equilibrio hipotéticos, pero razonables, que nos permitan interpretar los efectos que los diferentes episodios de la historia del edificio tuvieron sobre su estructura. Como se ha dicho con anterioridad, es lógico pensar que, en el estado original de la iglesia, las dos naves laterales debieron ser simétricas. La figura 6 (figura 6) representa el esquema de distribución de esfuerzos y las líneas de presión del edificio primigenio.

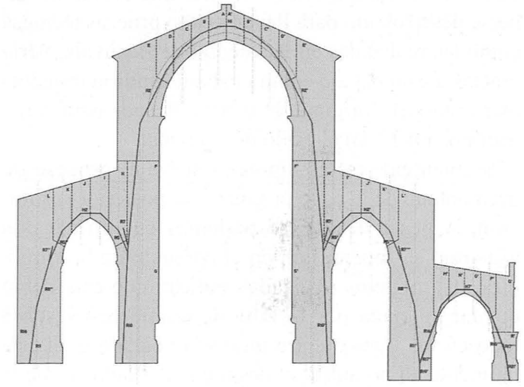


Figura 6
Reconstrucción ideal de la sección transversal de la iglesia. Sobre base de Anabel Cortina (dibujo del autor 2013)

Partiendo de las hipótesis resultantes de las observaciones previas y de los análisis de la distribución de cargas, se ha podido encontrar una solución que verifica el equilibrio. La estructura es, por tanto, estable. Para intentar determinar su grado de seguridad, se ha calculado el Coeficiente Geométrico de Seguridad (Huerta, 2010) obteniendo, en la configuración más favorable, resultados apenas superiores a $c_g = 2$ en las bases de los contrafuertes. Estos valores quedan lejos de los de 3 ó 4 que se suelen observar en este tipo de edificios (Huerta, 2010). El aporte de los empujes ejercidos por las bóvedas de la galería del claustro a la estabilidad de la nave norte de la iglesia es despreciable.

No hay constancia, en la historiografía existente, de las causas que llevaron al derribo y sustitución de

la nave sur pero, considerando lo anterior, debe descartarse un desequilibrio de la estructura derivado del diseño original de ésta. Como ya se ha apuntado, la causa más probable de unas lesiones suficientemente importantes como para justificar una tan arriesgada intervención podría atribuirse a deficiencias en el terreno, a una insuficiente cimentación y, probablemente a la iniciativa de rasgar el muro lateral sur para abrir un cuerpo longitudinal de capillas.

La relación del abad Copons y del rey Pedro el Ceremonioso con la corte francesa en el segundo tercio del siglo XIV favorece su conocimiento del Gótico francés, así como las innovaciones que debían de haberse desarrollado para llevar a cabo proezas técnicas como las realizadas en la catedral de Beauvais. Sería gracias a éste bagaje como el abad decidiría transformar el modelo original de la nave dañada para construir una nueva en el estilo de la época.

Se plantean varias hipótesis sobre el proceso de desmontado de la nave original y su posterior sustitución. A pesar de que no podemos cuantificar con exactitud su repercusión en el conjunto de la estructura, los modelos realizados indican que ésta debió quedar afectada por la falta de contrarresto, sobre todo en los tramos entre pilares, iniciándose en este momento, si no antes, el desplome del lado sur de la nave central y la deformación de su bóveda.

La nueva configuración (figura 7), con la nave realizada en estilo Gótico pleno y las capillas laterales, mejoró sustancialmente el contrafortado del edificio resolviendo los problemas del muro más meridional. Sin embargo, la nueva geometría, más apuntada, de las bóvedas de crucería y el menor espesor de relleno resultan menos eficaces a la hora de centrar las cargas que discurren por los pilares centrales. Para conseguir un modelo que verifique la estabilidad del conjunto se ha considerado una solución de máximo empuje en la bóveda sur (figura 8), que implica la concentración de tensiones en puntos críticos de los nervios.

Las tensiones derivadas del incendio de 1575 provocaron, además de la lógica degradación de la fábrica, la deformación de la bóveda principal y la aparición de una grieta longitudinal en ésta. Los modelos realizados demuestran que los efectos de estas lesiones en el equilibrio general del edificio van en detrimento de le seguridad.

En 1792 se produce un terremoto que afecta a varias construcciones del monasterio. En el dormitorio de los monjes y en la biblioteca, se deforman bóvedas y se rompen arcos en el sentido nordeste-sudes-

Figura 7
Sección transversal de la iglesia. Estado posterior a las intervenciones del abad Ponce de Copons de un pórtico sin deformar. Sobre base de Anabel Cortina (dibujo del autor 2013)

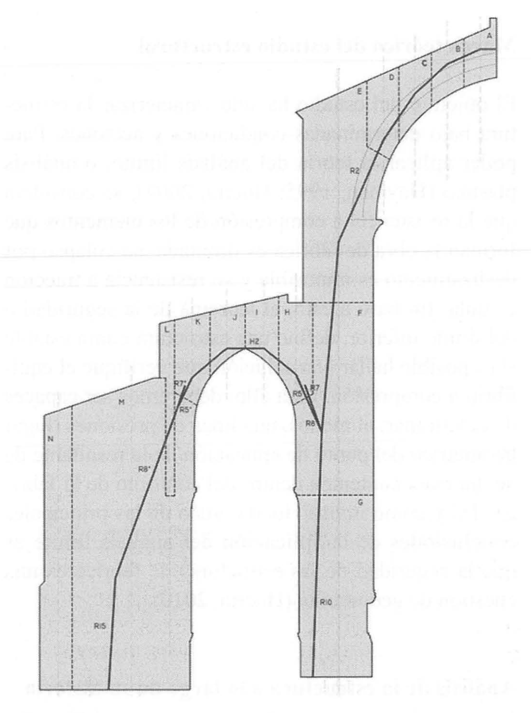


Figura 8
Semisección transversal de la iglesia, nave sur. Sobre base de Anabel Cortina (dibujo del autor 2013)

te. La masa de inercia de la pesada bóveda de la nave principal y la exposición de la iglesia a un seísmo que la afectase en sentido transversal provocaron que los daños fueran muy importantes. El resquebrajamiento de la bóveda y la inclinación de los pilares se sumarían a las deformaciones y lesiones ya existentes. La morfología de las grietas detectadas en la parte alta del muro sur concuerda con las que cabría esperar de un seísmo de estas características. En los modelos realizados sobre la geometría resultante (figura 9) no se consigue hallar ninguna solución que verifique el equilibrio sin variar alguna de las hipótesis de cálculo o considerar la existencia de elementos auxiliares, como los tirantes metálicos que cita Toda, que contrarrestasen el empuje de la bóveda central.

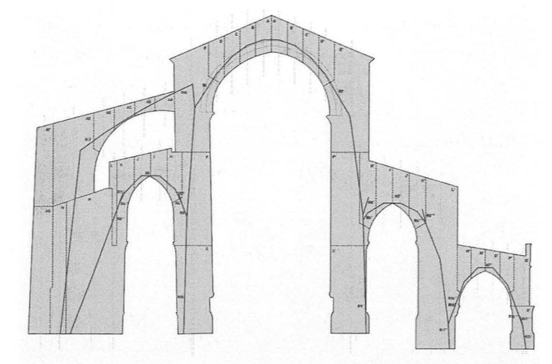


Figura 10
Sección transversal de la iglesia. Estado posterior a la construcción de los arbotantes de un pórtico deformado. Sobre base de Anabel Cortina (dibujo del autor 2013)

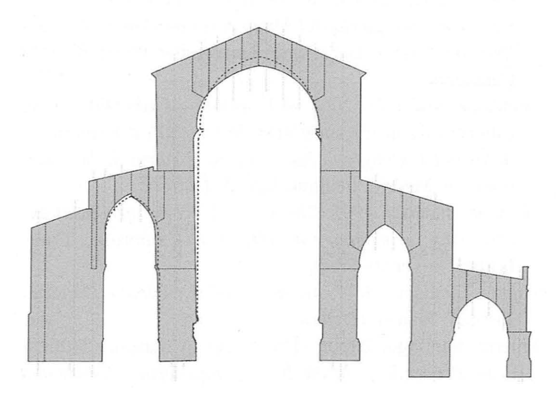


Figura 9
Superposición de la sección original y la deformada después del seísmo de 1792 (dibujo del autor 2013)

Así permaneció el edificio hasta que, después del incendio de 1822, su estabilidad debía ser tan precaria que, dos años más tarde, se construyeron tres arbotantes por encima de la nave sur que, a modo de puntales, transmiten los esfuerzos a los botareles y colaboran al centrado de las cargas sobre los pilares. El modelo realizado para esta nueva configuración consigue contener en el interior de la sección todas las líneas de presiones. Se encuentra una solución que verifica el equilibrio gracias a la implicación de la totalidad de la estructura (figura 10). Se considera que las bóvedas de crucería de la nave norte trabajan a máximo empuje y los pilares del lado norte están al límite del equilibrio. Solo se construyeron arbotantes en tres de los seis pórticos de la nave.

Como se ha corroborado en los análisis realizados, la bóveda de cañón apuntada representa un papel fundamental para las condiciones de equilibrio de la iglesia. Durante la segunda exclaustración, con las cubiertas desnudas, se producen filtraciones de agua de lluvia que deterioran los rellenos de las bóvedas y la ya maltrecha fábrica de sillares. Serían necesarias varias operaciones de recrecido de las cubiertas, retejado y rejuntado de paramentos. La última reparación de entidad data de 1942, poco después de la recuperación de la vida monástica. Los estudios arqueológicos realizados sobre el extradós de la bóveda mayor han puesto de manifiesto estas operaciones y han permitido caracterizar los morteros de relleno que presentan una baja cohesión y resistencia. Para mejorar el coeficiente de seguridad en el modelo desarrollado para la configuración correspondiente a 1824 se podría reformular algunas de sus condiciones de partida, como considerar que los rellenos de las bóvedas presentan características mecánicas que les permiten trabajar solidariamente con éstas. Sin embargo, parece arriesgado asumir estas hipótesis para el análisis de la estructura en su estado actual.

A lo largo de los últimos setenta años han aparecido grietas que indican que los procesos de degradación de la estructura siguen activos. La grieta longitudinal de la nave central se ha abierto (figura 11), se han formado rótulas en los arcos fajones y en los nervios de las crucerías, todo parece indicar que el muro



Figura 11
Detalle de la grieta de la nave central, tramo séptimo (foto del autor 2012)

sur, allí donde no hay arbotantes, se sigue inclinando y han aparecido fisuras a compresión en las caras exteriores de los pilares. El análisis del estado actual del edificio nos muestra el empeoramiento de sus condiciones de equilibro ya que no ha sido posible hallar ninguna solución que lo verificase en los pórticos sin arbotantes. Los restantes son los que deben asumir la función de contrarrestar los empujes de la bóveda. La estructura se encuentra cerca del límite del equilibrio con coeficientes de seguridad muy por debajo de lo recomendable.

Como verificación de los resultados de los estudios que hemos expuesto, se comprueba que éstos se corresponden con las observaciones realizadas y justifican todas las lesiones estructurales detectadas. La investigación ha permitido formular una hipótesis razonable de las causas y los procesos de deformación de la estructura a lo largo de su historia, al tiempo que se determinaban las condiciones actuales de estabilidad del edificio. El presente estudio se ha utilizado como base para el desarrollo de la «Unidad de Actuación D. 1. 3.: Propuestas de estudios e intervenciones en la iglesia y la sacristía nueva» del *Plan Director para las futuras intervenciones en el entorno construido del Real monasterio de Santa María de Poblet* (Portal et al. 2011).

LISTA DE REFERENCIAS

Altisent, Agustí. 1974. *Història de Poblet*. L'Espluga de Francolí: Abadía de Poblet.

Bassegoda, Joan. 1983. *Historia de la restauración de Poblet*. Sant Vicenç dels Horts: Abadía de Poblet.

Cortina, Anabel. 2012. *Utilidad real de la Estática Gráfica como método de cálculo estructural de construcciones históricas. La iglesia del Monasterio de Poblet. Trabajo final de máster*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

González, José Luis. 2007. «El caso de los arbotantes de la cabecera de la iglesia gótica de Castelló d'Empuries». *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Heyman, Jacques. 1995. *The stone skeleton: structural engineering on masonry architecture*. Cambridge: Cambridge University Press.

Huerta, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta, Santiago. 2010. «The safety of masonry buttresses». *Proceedings of the ICE – Engineering History and Heritage*.

Liaño, Emma. 2009. «La época del Cister y de las nuevas catedrales en la Corona de Aragón». *Arte de épocas inciertas: de la Edad Media a la Edad Contemporánea*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.

Liaño, Emma. 2010. «Poblet y Santes Creus. Nuevas precisiones cronológicas y terminológicas». *Boletín Museo e Instituto Camón Aznar*.

Portal, Jorge et al. 2010. *Plan Director para futuras intervenciones en el conjunto construido del Real Monasterio de Santa María de Poblet*. Madrid: Ministerio de Cultura

Santacana, Joan. 1967. *El monasterio de Poblet (1151-1181)*. Barcelona: Universitat de Barcelona

La Ópera de Sídney como cambio de paradigma: de la rigurosidad geométrica clásica al informalismo contemporáneo

Juan Rey Rey

En numerosas ocasiones a lo largo de la historia, en el mundo de la arquitectura, como en muchos otros ámbitos, la imaginación de los creadores ha ido por delante de las posibilidades técnicas y constructivas de cada momento histórico. Así, algunas de las formas gestadas en las cabezas de diversos grupos de arquitectos han tardado años e incluso décadas en pasar del cuaderno a materializarse como realidad construida.

Al igual que ha ocurrido en numerosas ocasiones, por ejemplo, en el campo de la ciencia-ficción, objetos e ideas a priori irreales han acabado por concretarse pasado el tiempo, una vez que el desarrollo tecnológico e industrial ha propiciado su materialización.Así por ejemplo, Julio Verne se adelantó en algunas de sus obras varias décadas a los avances técnicos y científicos de nuestro tiempo[1]. También George Méliès en su película «Viaje a la Luna» (1902) predijo con 67 años de adelanto el momento histórico en el que Neil Armstrong ponía un pie en la Luna a bordo del Apolo XI, una nave espacial que curiosamente no dista demasiado de la imaginada por Méliès en su película (figura 1).

Volviendo al mundo de la arquitectura, el desarrollo de ordenadores cada vez más potentesasí como de software específico, tanto en el ámbito del análisis estructural como en el de la representación gráfica, ha posibilitado la materialización de muchos proyectos que pocos años antes parecían utópicos y que en muchos casos se habían quedado en un cajón a la espera de que llegase el momento en el que los medios técnicos alcanzasen una madurez suficiente para garantizar un desarrollo exitoso tanto del proyecto como de la posterior construcción del edificio en cuestión.

Durante las décadas de los cuarenta a sesenta del siglo XX concurrieron una serie de hechos decisivos. La invención de las curvas de Bèzier (1962, precedente de las *NURBS*) y del Método de los Elementos Finitos (1956) y su posterior popularización mediante programas informáticos de C.A.D. (*Computer-Aided Design*) y de análisis estructural, han posibilitado el desarrollo de propuestas formales que antes resultaban irresolubles en la práctica. Este proceso ha



Figura 1
Fotograma de la película «Viaje a la Luna» del ilusionista y cineasta francés George Méliès (Méliès1902)

sido posible debido también a la evolución exponencial de la potencia de los ordenadores que sirven de soporte a los mencionados programas informáticos[2].

Un ejemplo de lo comentado anteriormente concurre en la trayectoria profesional de Peter Eisenman (Newark, New Jersey, 1932), arquitecto norteamericano perteneciente al grupo de los denominados *«Five Architects»*. Su perfil teórico e investigador le ha llevado a que hasta fechas recientes no haya visto construidas sus obras más importantes, algunas de ellas concebidas en las décadas de los sesenta y setenta del siglo pasado. Su primer proyecto gestado y dibujado con ayuda de ordenadores fue el Aronoff Center for Design and Art (1988-96) (figura 2). Con anterioridad a dicho proyecto, aunque en su estudio sí se dibujaron otros edificios con ayuda de ordenadores —en la fase de elaboración de planos—, la fase inicial de concepción del proyecto se realizaba siempre a través de croquis y dibujos a mano alzada. Él mismo reflexiona a este respecto en una entrevista: «He empezado a utilizar el ordenador para que me genere figuras que yo no puedo hacer a mano. Mi mano, creo, está limitada por la estética clásica… el ordenador me libera y produce formas que no entiendo, y en las que ni había pensado... Parecen desconocidas, difíciles o alienantes: parece incluso que las hayan reprimido».

Por tanto, estas limitaciones técnicas se han ido paulatinamente acotando hasta llegar a la situación actual en la que se puede afirmar que cualquier planteamiento formal puede ser analizado desde un punto de vista estructural.Se puede concluir por tanto que ha desaparecido la barrera del análisis en lo que al desarrollo de un proyecto de arquitectura se refiere (Rey y Fernández 2011).

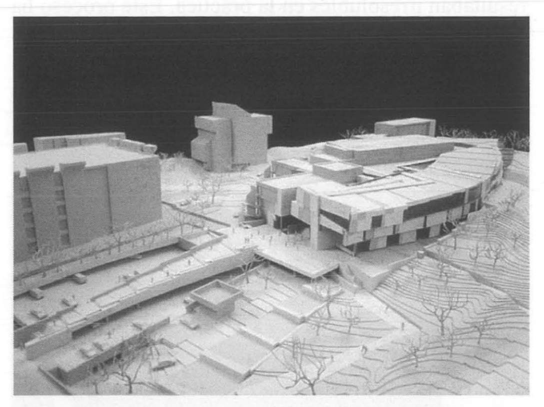


Figura 2
Aronoff Center for Design and Art (1988-96), obra de Peter Eisenman. Primer edificio en la trayectoria del arquitecto americano en el que para su concepción se emplearon ordenadores (Levene y Márquez 1997)

Esto ha provocado una verdadera revolución a nivel formal en el mundo de la arquitectura, especialmente en el campo de la edificación singular o icónica. Podría considerarse que si la revolución industrial modificó de forma importante la dirección de la arquitectura del siglo XX esta nueva revolución digital está operando de manera equivalente en estos primeros años del siglo XXI (Steele 2001).

Además, una vez la técnica no es una traba sino que, por el contrario, es una potente herramienta que se domina con cierta maestría, aparecen los primeros síntomas de manierismo, materializado en la concepción de edificios como verdaderos ejercicios de estilo (Martínez 2010).

La revolución digital

Si se analiza de forma relacionada la evolución histórica de la teoría de análisis de estructuras, los métodos de representación gráfica y los avances tecnológicos en los materiales y medios constructivos con la producción arquitectónica en cada periodo histórico, se puede apreciar por ejemplo cómo en el caso de la revolución industrial la transformación en el ámbito de las formas arquitectónicas fue debida a la aparición de nuevos materiales estructurales (fundamentalmente acero y hormigón). En cambio, el gran giro que se ha producido a nivel formal en los edificios icónicos en las últimas décadas responde al desarrollo de nuevos métodos de cálculo y representación gráfica así como a la generalización de los ordenadores personales para el desarrollo de los proyectos arquitectónicos; lo que podríamos denominar como la revolución digital (Bernabéu 2007).

Se puede establecer además de forma simbólica una franja temporal abarcando aproximadamente una década (entre 1980 y 1989), como el periodo temporal de transición hacia la eliminación de la barrera del análisis estructural y de la representación gráfica en el desarrollo de los proyectos arquitectónicos (Rey 2013).

La Ópera de Sídney y el Museo Guggenheim de Bilbao pueden considerarse como los dos edificios

más paradigmáticos en este proceso. En el primer caso por tratarse de uno de los primeros intentos fallidos de materializar una propuesta basada en lo que se conoce como «*formas libres*» (Azagra y Bernabeu 2012) y que hoy en día ha acabado por generalizarse en muchos casos en los concursos de arquitectura de edificios singulares. El segundo caso, por el contrario, representa un ejemplo pionero de construcción de un edificio con una geometría no definida matemáticamente gracias a un uso intensivo de las nuevas herramientas anteriormente indicadas.

La Ópera de Sídney

La Ópera de Sídney (figura 3) condensa en un único edificio gran parte de los aspectos expuestos con anterioridad en relación a la influencia que los métodos de representación y análisis estructural ejercen en la concepción y construcción de las obras de arquitectura (Rey 2013).

La idea general del edificio, que data de 1956, se enmarca en una época inmediatamente anterior a la del desarrollo científico y tecnológico anteriormente referido. En este caso, cuando se comenzó a trabajar en el diseño del edificio no existían ordenadores personales ni por tanto los programas informáticos asociados en el ámbito de la representación gráfica y el análisis estructural. Por otra parte, el Método de los Elementos Finitos estaba siendo presentado en esa época y no se encontraba lo suficientemente desarrollado para emplearse en el análisis de la estructura de las cubiertas.

Utzon decide partir de un formalismo como idea generadora del edificio, en la que no tiene en cuenta el esquema resistente, en lo que se puede considerar como un avance de lo que ha acabado por generalizarse en el planteamiento de muchos de los edificios singulares en el principio de este nuevo siglo (figura 4). Así, en pala-

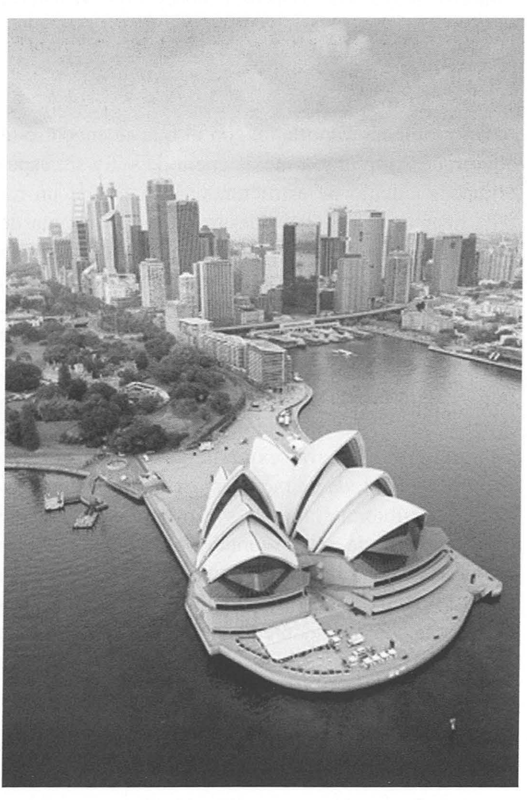


Figura 3
Vista aérea de la Ópera de Sídney (Drew 1995)



LATE EDITION

The Sydney Morning Herald.

DANE'S CONTROVERSIAL DESIGN WINS OPERA HOUSE CONTEST

PHONE TALK TO WINNER

"CHEAPEST TO BUILD"

Rocket Range Talks Started

Boy Drowns After 25ft Fall In Pool

LATE NEWS

Fire, Flood Threats

Figura 4
Portada del Sydney Morning Herald con imágenes de la propuesta vencedora y finalistas (Watson 2006)

bras del propio Utzon: «...en lugar de crear formas ortogonales, he creado una escultura —una escultura que cubre todos los usos necesarios» (Drew 1999).

Las superficies inicialmente dibujadas a mano alzada por Utzon y que representaban las cubiertas carecían de una forma definible matemáticamente. Pronto se pudo comprobar que estas superficies no eran analizables ni construibles con los medios técnicos ni constructivos de la época. A lo largo de más de cuatro años, los ingenieros de Arup, a cargo del diseño estructural del edificio, estudiaron hasta ocho posibles formas diferentes para las cubiertas (figura 5), desde los primeros diseños basados en parábolas, pasando por elipsoides hasta las definitivas consistentes en superficies de una misma esfera (Arup 1974).

Es importante destacar que la Ópera de Sídney es el primer proyecto de edificación en el que para su desarrollo se emplearon de forma significativa ordenadores. En concreto Arup[3], además de hacer uso de las computadoras existentes en la Universidad de Southampton, adquirióuna computadora *Ferranti Pegasus-1*(figura 6), que había comenzado a comercializarse en 1960 (Watson 2006).



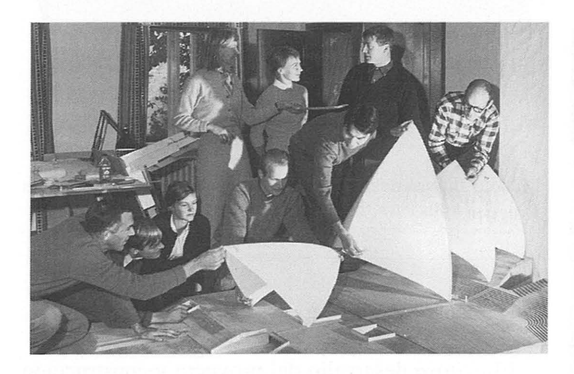
Figura 6
Imagen del ordenador Ferranti Pegasus-1, empleado por Arup en el proyecto de la Ópera de Sídney. Como se observa en la imagen, tenía el tamaño de un armario (Watson 2006)

Figura 5
Evolución temporal de las soluciones estudiadas para las cubiertas (Arup 1974)

Un problema importante con el que se encontró el equipo de Arup era la inexistencia de software específico de cálculo de estructuras. Alan Baker, un recién licenciado de Arup, desarrolló un programa de análisis de estructuras de barras en lenguaje máquina (código fuente de *Pegasus*) como parte de su tesis doctoral, basado en el Método Matricial de la Rigidez[4]. Inicialmente el programa estaba limitado al análisis de estructuras de barras de hasta 18 nudos, pero vislumbrando el potencial de esta herramienta, Arup decidió tratar de emplearlo para el análisis las cubiertas de la ópera, extendiéndolo a un número mayor, si bien todavía modesto, de nudos. Así, simularon las cubiertas laminares con barras. El modelo de la cubierta de mayor tamaño tenía 136 nudos, lo que derivaba en aproximadamente 780 ecuaciones. Para procesar 5 casos de carga en estas condiciones se tardaba aproximadamente 4 horas. La preparación de los datos y su cálculo completo se prolongaba aproximadamente durante 3 semanas (Watson 2006).

A pesar de este intento pionero de integrar el potencial de los nuevos medios digitales, el proyecto del edificio, y en particular de las cubiertas, debió realizarse finalmente con medios básicamente manuales y apoyándose en la realización de modelos a es-

cala (figuras 7 y 8), tanto en lo referente a su representación gráfica como al análisis estructural. Esta ausencia de herramientas de diseño disponibles acordes a la complejidad formal de la propuesta planteada condicionó enormemente la marcha del proyecto, dilatándose dramáticamente en el tiempo y multiplicándose su coste final de forma desproporcionada.





Figuras 7 y 8
Modelo a escala para el análisis estructural de las cubiertas de la Ópera de Sídney (Watson 2006)

No obstante, el empleo de las nuevas herramientas digitales no fue baladí. Durante un discurso en la *Institution of Structural Engineers* de Londres en el año 1969, Ove Arup pronunció las siguientes palabras: «With hindsight, it is felt the shells could probably not have been built without the use of computers. We could not have produced the mass of information, let alone the analytical work, necessary to erect the building in the time available», y es que a pesar del retraso de aproximadamente 11 años con el que se finalizó la construcción del edificio, de no ser por el empleo pionero de ordenadores para el desarrollo de los cálculos estructurales, los plazos se hubiesen dilatado de forma todavía más dramática.

En cualquier caso, tras casi dos décadas de esfuerzos aunados de algunos de los más brillantes arquitectos e ingenieros de la época, Utzon no pudo ver finalmente construida la ópera que había soñado. Donde éste había imaginado una fina lámina de hormigón flotando sobre el paisaje se construyó una estructura más pesada, formada por costillas pretensadas de hormigón con unas secciones notablemente mayores. Donde había propuesto una serie de*formas libres*, con una marcada componente de horizontalidad, hoy existe una estructura con una geometría netamente definida, formada por superficies tomadas todas ellas de una misma esfera, potenciando de esta forma involuntariamente la verticalidad del edificio.

Por tanto, debido en buena medida a que estas nuevas herramientas digitales no estaban los suficientemente desarrolladas, la propuesta de concurso debió ser modificada de forma sustancial —tanto geométrica como tipológicamente— para permitir su representación gráfica, análisis estructural y, en último término, su construcción.

Y pese a todo lo referido anteriormente, el edificio puede considerarse un rotundo éxito, convirtiéndose inmediatamente en el símbolo no ya de una ciudad sino de todo un país y un continente. Un hito de la arquitectura a nivel global, considerado de forma casi unánime como uno de los edificios más importantes construidos a lo largo del pasado siglo[5]. Un punto de inflexión que anticipaba la corriente de construcción de hitos arquitectónicos con afán diferenciador y de reclamo turístico que iba a producirse a lo largo de las siguientes décadas en muchas ciudades del mundo.

El museo Guggenheim de Bilbao

El museo Guggenheim de Bilbao (figura 9), inaugurado el 18 de octubre de 1997, constituye uno de los

primeros edificios en los que para su desarrollo se emplearon de forma relevante ordenadores personales y programas informáticos comerciales, tanto de representación gráfica tridimensional (Catia), como de análisis estructural mediante el Método de los Elementos Finitos (AES) y de fabricación CAD-CAM (Bocad) (Van Bruggen 1998).

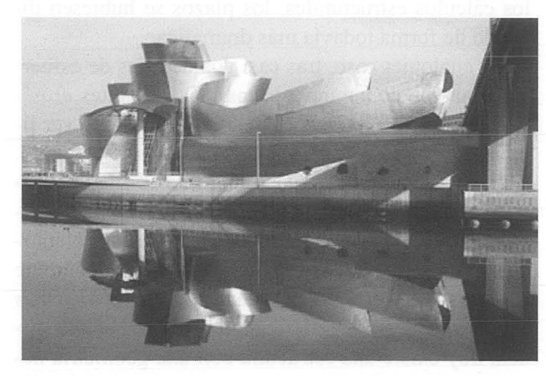


Figura 9
Museo Guggenheim de Bilbao (1987-1997), obra de Frank Gehry (Van Bruggen 1998)

El proyecto del edificio, obra del arquitecto canadiense Frank O. Gehry (Toronto, 1929), fue iniciado en 1987. El diseño del museo es geométricamente complejo, consistiendo en una serie de volúmenes interconectados, cada uno de ellos con formas aparentemente *libres*. La creación por parte de Gehry de una volumetría marcadamente orgánica fue posible gracias al empleo por primera vez en el ámbito de los proyectos arquitectónicos del programa Catia. Este *software* permitió al arquitecto canadiense manipular modelos tridimensionales de sólidos posibilitando la creación de superficies curvas a antojo. El empleo de Catia supuso en este caso la ruptura de la barrera formal que impedía que ideas que llevaban años gestándose en su cabeza pudiesen llevarse a cabo.

Así, éste exportaba directamente las enrevesadas formas de sus maquetas a Catia, mediante el empleo de escáneres 3D que reconocían los puntos de las superficies de las maquetas transformándolos en coordenadas tridimensionales en el sistema digital (figura 10). Por su parte, el uso de sistemas de celosías de acero permitió a SOM, la ingeniería al cargo del diseño estructural, el planteamiento de un esquema relativamente sencillo para la generación de estas formas tan complejas.

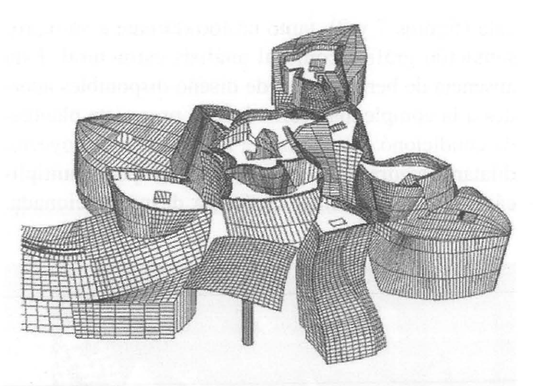


Figura 10
Modelo digital desarrollado por el equipo de Gehry (Van Bruggen 1998)

El *exitoso* desarrollo del proyecto y construcción del edificio (Caicoya 1997) con esta formaenormemente compleja y alejada de lo habitual hasta la fecha, puso encima de la mesa la existencia o no de límites geométricos a las formas construidas. En este caso, a diferencia del anterior, el reto que suponía construir un edificio con la compleja forma propuesta inicialmente fue superado y con este *éxito* se abrió además la caja de Pandora que representaba la libertad formal en el campo de los proyectos arquitectónicos.Numerosos edificios en años posteriores, principalmente en la primera década del siglo XXI, han seguido esta tendencia, creando lo que se puede considerar una nueva corriente estilística, basada en las «*formas libres*» (Azagra y Bernabeu 2012).

De la rigurosidad geométrica clásica al informalismo contemporáneo

Con la Ópera de Sídney se inauguró por tanto una senda por la que anteriormente rara vez habían discurrido los proyectos arquitectónicos: el proyectista deja de lado las consideraciones mecánicas o funcionales a la hora de proyectar, centrándose fundamentalmente en los aspectos formales y confiando en que una solución técnica viable podrá ser encontrada a posteriori por terceros.

En este caso esta esperanza se reveló fallida pero, con el paso del tiempo, se aprecia cómo el *modus operandi* de Utzon ha servido de germen e inspiración a la corriente surgida en fechas recientes en relación a los «edificios de autor» para *poner una ciudad en el mapa*. A pesar de que quizás el museo Guggenheim de Bilbao sea el ejemplo más paradigmático de este tipo de operaciones de regeneración urbana en torno a la construcción de un icono, el propio Gehry reconoce que el encargo fue llevado a cabo a imagen y semejanza de lo ocurrido en el caso de la Ópera de Sídney: «When I was called for Bilbao, they asked me for an equivalent to the Sydney Opera House —that was part of the brief—...they picked me as the winner because they thought they had a chance of getting the Sydney Opera House out of it...After it was built people started going to Bilbao and that changed the economics of the city. It was wildly succesful».

En los croquis iniciales de Gehry para el Museo Guggenheim de Bilbao encontramos un conjunto de superficies alabeadas en principio mucho más complejas que las propuestas por Utzon para su Ópera en Sídney años atrás. Pero en ese momento la elaboración de modelos precisos ya no era un problema. Gehry plantea su propuesta partiendo por tanto de una serie de croquis en los que expresaun conjunto de líneas aparentemente enmarañadas a través de las que imagina los volúmenes que configurarán el nuevo museo (figura 11). Por supuesto estas formas se plantean sin tener en cuenta en absoluto las formas estructurales canónicas para la resolución de los problemas conocidos, puesto que el arquitecto considera que la representación y cálculo del edificio son aspectos resolubles sea como sea el planteamiento de partida. Establece como fuente de la belleza del edificio sus sinuosas superficies y supedita la estructura a dicho formalismo, propio por otra parte de la corriente deconstructivista del que el arquitecto canadiense es uno de sus máximos exponentes.

os pocos años de diferencia que separaron ambos edificios marcaron una diferencia decisiva. Si Utzon y su equipo tenían que confiar en sus croquis y planos delineados a mano para el encaje y definición de la estructura del edificio, Gehry pudo hacer uso de-*software* de visualización tridimensional (*Catia*, empleado hasta el momento únicamente en el ámbito de la ingeniería aeroespacial) para crear de manera casi instantánea vistas del edificio a su antojo. Además,

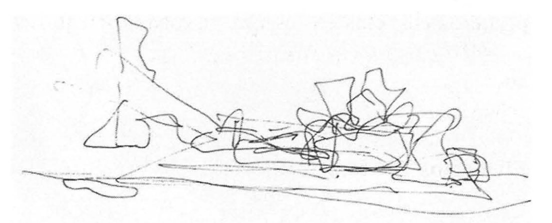


Figura 11
Croquis iniciales de Frank Gehry recogiendo su propuesta para el nuevo museo Guggenheim de Bilbao (Van Bruggen 1998)

empleaba también de forma pionera herramientas de escaneado 3D para crear maquetas físicas a partir de su modelo tridimensional virtual, que a su vez manipulaba y volvía a importar en el ordenador, generando un proceso iterativo de *depuración* de la forma del edificio. Pero lo más importante es que el modelo tridimensional virtual generado por el equipo de Gehry proporcionaba los datos necesarios para realizar un análisis estructural empleando paquetes de *software* FEM así como para generar la documentación de proyecto con gran precisión y rapidez, lo que repercutía además en un mayor control de costes. Así, el museo Guggenheim de Bilbao pudo ser finalizado según los costes y plazos previstos en buena medida gracias al uso intensivo de los nuevos medios tecnológicos disponibles. Por el contrario, la construcción de la Ópera de Sídney, que no pudo contar con estos importantes avances tecnológicos, se demoró durante 17 años, finalizando con un coste desorbitadamente superior al previsto inicialmente (aproximadamente un 1.230%).

El museo Guggenheim de Bilbao es paradigmático de esta manera de concebir el proyecto arquitectónico: se entiende el edificio como una pura creación plástica, resultado de un proceso creativo más próximo al ámbito de la escultura en el contexto contemporáneo, centrándose en la pura experimentación formal. Posteriormente, será por tanto necesario buscar un procedimiento adecuado para hacer viable su construcción. En el caso de la estructura Guggenheim mediante una *simple* solución metálica triangulada que se va adaptando a la forma predefinida (figura 12). En el caso de la fachada mediante un material relativamente deformable que permite de este modo adaptarse a la *visión* inicial del *objeto*. En

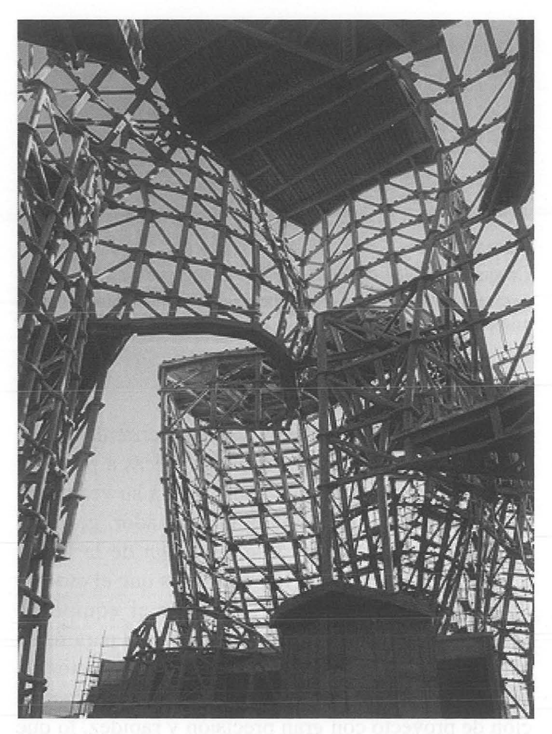


Figura 12
Estructura metálica principal del museo Guggenheim de Bilbao (Van Bruggen 1998)

cualquier caso, se debe subrayar que gran parte de las soluciones estructurales aplicadas en este tipo de edificios siguiendo este planteamiento opuesto al modo clásico de proyectar, son por este motivo tremendamente forzadas y generalmente se encuentran lejos del óptimo.

En definitiva, esta liberación de las históricas ataduras formales ha generado un escenario posibilista, en el cual, por el hecho de que cualquier geometría puede ser analizable y construible, no significa que necesariamente deba optarse siempre por esta vía de la complejidad y liberación formal. De hecho, existe un gran número de arquitectos e ingenieros que se oponen con vehemencia a esta nueva tendencia. Así, se ha generado un interesante debate a este respecto que ha salpicado a todos los ámbitos de la profesión.

En esta línea, por ejemplo J.A. Fernández Ordóñez afirmaba en una conferencia pronunciada en 1990 que «…en la búsqueda de formas estructurales la razón y el amor a la belleza deberían tener objetivos comunes,…la dificultad radica en coordinar y equilibrar la imaginación que produce la forma con la razón que la determina y la fija. Hoy que las ataduras son menores, ahora que todo es calculable y construible, la búsqueda de lo verdadero es más difícil porque el camino hacia la solución formal es más oscuro, precisamente por ser más sencillo. Es como el agua que, al faltarle el cauce hendido, se extiende sin rumbo por el llano y todo lo inunda sin destino».

Efectivamente, podría considerarse que la desaparición de las limitaciones técnicas en el desarrollo de los proyectos arquitectónicos ha propiciado la generación de un contexto en el que por primera vez el arquitecto se enfrenta al escenario del «lienzo en blanco». Ya no es imprescindible partir de un catálogo de formas conocidas sino que, al igual que ocurre en otras disciplinas artísticas como la pintura o la literatura, es posible concebir el proceso creativo del edificio de la nada más absoluta.

En este nuevo contexto, el ámbito de la ingeniería estructural está en algunos casos abandonando peligrosamente la manera tradicional de enfocar el diseño estructural; históricamente ligado a lo estricto, la forma mínima, el empleo racional de los materiales, en definitiva: a la economía.

Conclusiones

El importante desarrollo tecnológico e industrial surgido especialmente durante la segunda mitad del siglo pasado ha configurado un caldo de cultivo propicio para la transformación de las formas arquitectónicas de una manera radical y rupturista, viéndose apoyado este proceso en los avances no solo tecnológicos sino también científicos.

Las históricas limitaciones técnicas en el ámbito de los proyectos arquitectónicos se han acotado paulatinamente desembocando en la situación actual en la que cualquier planteamiento formal puede analizarse desde un punto de vista estructural.

Previamente a la eliminación de dicha barrera una gran parte de los edificios que se construían se planteaban en función de que fuesen fácilmente calculables o al menos que fuese posible su análisis con los métodos científicos yherramientas tecnológicas disponibles. Muchos planteamientos formales eran de

este modo descartados por resultar su análisis estructural demasiado complejo.

Esto ha provocado una verdadera revolución a nivel formal en el mundo de la arquitectura, especialmente en el campo de la edificación singular o icónica, estableciéndose de forma simbólica el diseño y construcción de la Ópera de Sídney y del museo Guggenheim de Bilbao como verdaderos paradigmas y puntos de inflexión.

La Ópera de Sídney condensa en un único edificio gran parte de los aspectos expuestos con anterioridad en relación a la influencia que los métodos de representación gráfica y análisis estructural ejercen en la concepción y construcción de las obras de arquitectura. El edificio fue gestado en una época (1956-1973) inmediatamente anterior a la del desarrollo científico y tecnológico anteriormente referido y, a pesar de emplearse de forma pionera ordenadores durante su desarrollo, tanto el *software* como el *hardware* no estaban lo suficientemente maduros. Utzon no tuvo acceso a la tecnología enfocada al diseño y al poder computacional con el que sí que contó Gehry tan solo unas décadas después. Debido a esto, Utzon y sus ingenieros encontraron grandes dificultades en encontrar una forma viable de construir las cubiertas de hormigón de la Ópera de Sídney tal y como habían sido concebidas.

Así, el proyecto del edificio debió realizarse con medios básicamente manuales y adoptando importantes simplificaciones, tanto en lo referente a la representación gráfica como al análisis estructural. Esta ausencia de herramientas de diseño disponibles acordes a la complejidad formal de la propuesta planteada condicionó enormemente la marcha del proyecto, dilatándose dramáticamente en el tiempo y multiplicándose su costo final de forma desproporcionada. Además, la solución estructural construida dista mucho de la imaginada por Utzon inicialmente, debido a las importantes modificaciones que debieron introducirse para hacer viable su análisis y representación.

Pocos años después, Gehry reiteró en la idea de Utzon de partir de un formalismo, confiando en que los avances tecnológicos podrían hacer posible la construcción de su propuesta para el nuevo museo Guggenheim en Bilbao. En este caso, ya con las nuevas herramientas tecnológicas suficientemente desarrolladas, dicho procedimiento se reveló viable.

En cualquier caso, esta compleja coyuntura en la que nos encontramos no debe hacernos perder de vista que, en realidad, no se trata más que de nuevas herramientas al servicio de la creatividad de los arquitectos e ingenieros y que son éstos en último término los responsables de hacer un uso sensato y responsable de las mismas. En palabras del arquitecto australiano Glenn Murcutt: «La mayoría de los arquitectos que construyen edificios extraños asegura que lo hacen porque ahora la tecnología lo hace posible. Eso me parece absurdo. Poder hacer una cosa no legitima hacerla».

Notas

1. Por ejemplo en su obra «De la Tierra a la Luna» (1865).
2. En 1965 el cofundador de Intel, Gordon E. Moore, enuncia la conocida como «Ley de Moore», que establece que aproximadamente cada 18 meses se duplica el número de transistores de un circuito integrado. El cumplimiento de dicha ley se ha podido constatar de forma empírica hasta el día de hoy.
3. A pesar de que Ove Arup fue uno de los pioneros en el empleo de ordenadores para el desarrollo de análisis estructurales en el ámbito de las estructuras de edificación, es célebre su frase: «If you don't know the order of magnitude of the answer, don't use the computer».
4. Que acababa de presentarse pocos años antes.
5. Según el arquitecto y crítico Richard Weston es uno de los cuatro únicos edificios construidos que pueden ser considerados como «Monumento mundial» junto con la Torre Eiffel, la pirámide de Gizeh y el Taj Mahal.

Lista de referencias

Arup, Ove; et al. 1973. *The Arup Journal*. London: Ove Arup Partnership.

Azagra, D. y A. Bernabeu. 2012. «La estructura de las formas libres». *Informes de la construcción*. Abril-junio 2012. Vol. 64, 526, 133-142. Madrid: CSIC.

Bernabeu, Alejandro. 2007. «El diverso Origen de nuevas formas estructurales y arquitectónicas: la aparición de nuevos materiales en los siglos XIX y XX frente al desarrollo tecnológico actual». *Quinto congreso nacional de Historia de la Construcción,Burgos*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Caicoya, César. 1997. «Algunos aspectos del proceso de construcción del museo Guggenheim de Bilbao». *Infor-*

mes de la Construcción. Septiembre-octubre 1997. Vol. 49, nº 451. Madrid: CSIC.

Drew, Philip. 1995. *Sydney Opera House*. Londres: Phaidon

Drew, Philip. 1999. *The masterpiece. Jørn Utzon: a secret life*. Sídney: Hardie Grant Books.

Levene, Richard C. yFernandoMárquez (ed.). 1997. «Peter Eisenman 1990-1997». *Revista El Croquis*. Madrid: El Croquis Editorial.

Martínez Calzón, Julio. 2010.«Treatment of the form in structural engineering». *Structures and Architecture*. Paulo J. S. Cruz (ed.). Londres: Taylor & Francis Group.

Rey Rey, J. 2013. *La barrera del análisis estructural en el desarrollo de los proyectos arquitectónicos. El caso de la Ópera de Sídney*. Tesis doctoral dirigida por Ricardo Aroca Hernández-Ros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM.

Rey Rey, J. y J.L. Fernández Cabo. 2011.«La desaparición de la barrera del análisis estructural en los proyectos arquitectónicos». *Congreso Hitos Estructurales de la Arquitectura e Ingeniería*. Madrid.

Steele, James. 2001. *Arquitectura y revolución digital*. Barcelona: Gustavo Gili.

Van Bruggen, Coosje. 1998. *Frank O. Gehry. El museo Guggenheim de Bilbao*. Nueva York: The Solomon R. Guggenheim Foundation.

Watson, Anne (ed.). 2006. *Building a Masterpiece: the Sydney Opera House*. Sídney: Powerhouse Publishing.

El revestimiento de la Gran Pirámide

Alejandro Ricart Cabús

Hace casi 4.600 años, Quéope, segundo faraón de la IV Dinastía, construyó sobre la meseta de Guiza la mayor pirámide conocida, superando considerablemente a las dos que su padre, el gran Esnofru, había levantado en el desierto de Dahshr. A pesar del lamentable estado actual del monumento, truncado en su cima y despojado del revestimiento de sus cuatro fachadas, sigue provocando admiración y asombro, tanto por sus dimensiones como por su ejecución. La destrucción de este recubrimiento pétreo constituye una pérdida irreparable para la humanidad; puesto que, como dijo Howard Vyse: «La destreza o maestría exhibida en la Cámara del Rey, en el pavimento, y en el revestimiento, es perfecta e inigualable, y no hay razón alguna para dudar de que todo el exterior de esta gran estructura fuera recubierto con la misma excelente mampostería» (Vyse 1840, 1: 262).

Es evidente el enorme trabajo y la dificultad que hubo de comportar la elaboración y colocación de los 126.000 m^3 de piedra caliza que envolvían toda la fábrica, formando cuatro lisas fachadas triangulares y convergentes en la cima, con una superficie final de casi 86.000 m^2. Aún así, sorprende la disparidad de criterios entre los investigadores y la diversidad de propuestas que se han formulado, a lo largo de siglos, con relación a la posible técnica y al sistema utilizado por los antiguos egipcios para llevar a cabo esta ingente tarea. Pero es tal la envergadura, complejidad y singularidad de esta obra, que atendiendo a los condicionantes técnicos y arqueológicos la solución solo puede ser única (figura 1).

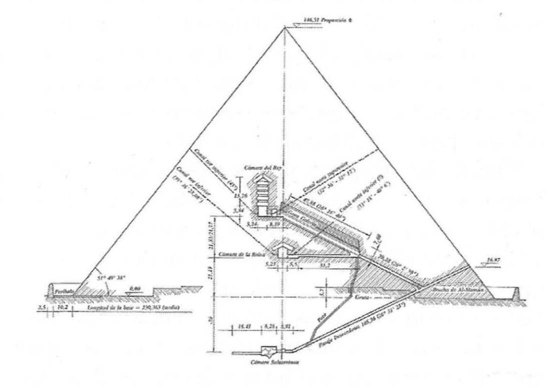


Figura 1
Alzado y sección norte- sur de la Gran Pirámide, vista de este a oeste (Ricart 2007)

Testimonios de la existencia del revestimiento

Entre quienes tuvieron el privilegio de poder contemplar las pirámides en toda su integridad y esplendor se halla el historiador griego Herodoto, que visitó Egipto poco después del 450 a.C., durante la dominación persa. Con relación a la Gran Pirámide dice, en el segundo de los nueve libros en que fue dividida su historia, que: «Es una fábrica cuadrada de ocho pletros de longitud en cada uno de sus lados y otros tantos de altura; de piedra labrada y ajustada perfectamente, y construida de piezas tan grandes

que ninguna baja de los treinta pies» (Herodoto 1968, libro II, CXXV: 168).

Diodoro de Sicilia, que viajó a Egipto en el año 56 a.C. en la época de Ptolomeo XII, escribió en el primer libro de su Biblioteca Histórica: «Está toda construida de piedra dura, de difícil talla pero de duración casi eterna…sus piedras mantienen hasta hoy la disposición originaria, conservando inalterada toda su construcción» (Diodoro1995, libro I, LXIII: 228). La Gran Pirámide sería despojada de su revestimiento durante la dominación árabe. Por el testimonio de antiguos viajeros e historiadores se puede conjeturar que su demolición empezó alrededor del año 1250 d.C. La mezquita del sultán Hasan (1356), junto a la Ciudadela, está construida casi enteramente con sillares procedentes del recubrimiento de la pirámide de Quéope.

Gérard, enviado por Federico Barbarroja junto a Saladino en 1185, consideraba que las pirámides eran una obra admirable y en la descripción de su aspecto externo utilizó la expresión: *lapidibus marmoreis*, que podría interpretarse como un revestimiento calcáreo pulido (Letronne 1881, 1: 429).

Una de las primeras y más fiables obras sobre Egipto se debe al historiador árabe Abd-al-Latif (1161-1231) que visitó la Gran Pirámide en el año 1220; sobre ella dice: «Lo que resulta digno de la mayor admiración, es la extrema exactitud con que han sido aparejadas estas piedras, y puestas las unas sobre las otras. Las hiladas están tan adheridas, que no se podría introducir entre dos de estas piedras una aguja o un cabello. Están unidas por un mortero que forma una capa del espesor de una hoja de papel; no se de que está compuesto este mortero que me es totalmente desconocido» (Abd-Allatif 1810, 176-177).

Guillermo de Baldensel, en 1336, menciona todavía el revestimiento como *maximis lapidibus et politis* y la presencia en él de inscripciones en diversos idiomas; aunque ya era posible escalar la cima (Letronne 1881, vol. I: 430). El cronista árabe Al-Makrizi (1363 - 1442) afirma que: «Algunas de ellas tienen gradas o escalones, pero la mayoría presentan una forma inclinada continua y una superficie lisa» (Al-Makrizi 1990, 344). En 1395 Ogier d´Anglure, en su viaje a los Santos Lugares y a Egipto, fue testigo de su demolición: «Vimos que sobre uno de estos graneros, así como en la parte media del mismo subiendo, había algunos obreros albañiles que con violencia desmoronaban las grandes piedras cortadas que constituyen el revestimiento de dichos graneros y las dejaban caer al valle. De estas piedras están hechas la mayor parte de las magníficas obras que han ejecutado en El Cairo y en Babilonia» (Anglure 1878, 66). Jean Thenaud, lo corrobora en marzo de 1512: «Todas las cosas más suntuosas de El Cairo, como puentes y arcadas, han sido construidas a partir de la piedra extraída para encontrar la entrada de la pirámide que está abierta» (Thenaud 1884, 53).

Gabriel de Luetz, embajador de los reyes de Francia Francisco I y su sucesor Enrique II ante el gran sultán Solimán II, en el interesante relato de su viaje a Constantinopla, Persia, Egipto y Palestina, escrito por su ayudante y secretario Jehan Chesneau, nos describe la visita que efectuaron a las pirámides de Guiza en agosto de 1549. Su testimonio, del cual es difícil dudar, nos proporciona una importante referencia sobre el estado del revestimiento de las tres grandes pirámides en su época: «La más grande de ellas es cuadrada, construida formando peldaños que se pueden subir; cada uno de ellos mide, por lo menos, cuatro o cinco palmos de altura... Cerca de esta pirámide hay otras dos, que no son tan grandes, ni hechas con escalones, y que carecen de entradas» (Chesneau 1759, 49).

John Greaves, matemático y astrónomo inglés, viajó a Egipto en 1638 y en su famoso estudio o Pyramidographia, afirma que las fachadas de la pirámide de Quefrén estaban prácticamente enteras, a excepción de la cara sur: «Los lados de esta pirámide no se elevan formando gradas, sino que son lisos e igualados. Toda la fábrica parece entera y exenta de cualquier ruptura, deformación o brecha, si no es en la cara que mira al sur» (Greaves 1646, 20). Una de las láminas dibujada por el oficial de la marina danesa Frederik Ludwig Norden, que en 1737 fue a Egipto por deseo del rey Cristian VI de Dinamarca, demuestra que en su tiempo la pirámide de Quefrén tenía ya el mismo aspecto que en la actualidad. Se podría decir pues que en el transcurso de un siglo fue despojada de casi todo su revestimiento.

La expedición francesa de 1798

Esta singular y trascendente expedición científica y militar, entre otras muchas cosas, descubrió (en 1801) la existencia de unas cavidades rectangulares, de escasa profundidad, practicadas en ambos extre-

mos de la cara norte, que habían permanecido ocultas bajo la montaña de escombros, lascas y arena eólica que a lo largo de muchos años se había ido formando. Dichas entalladuras o *encastrements* permitían conocer la posición que ocupaban las esquinas del desaparecido revestimiento y, por consiguiente, deducir la medida original del cuadrado de la base.

El procedimiento seguido por los sabios franceses en sus mediciones fue correcto pero, los escombros acumulados, el desconocimiento de la posición y el grosor del desaparecido revestimiento, y el convencimiento de que la pirámide había de descansar sobre un pedestal o estilóbato, les condujo a resultados erróneos respecto a las dimensiones originales del monumento. Creían que los límites del supuesto pedestal coincidirían con los bordes exteriores de los *encastrements,* separados por una distancia de 232,747m, y que su altura se correspondería con la del segundo nivel de roca viva labrada e incorporada a la fábrica; estimada por Jomard en 1,083 m (figura 2).

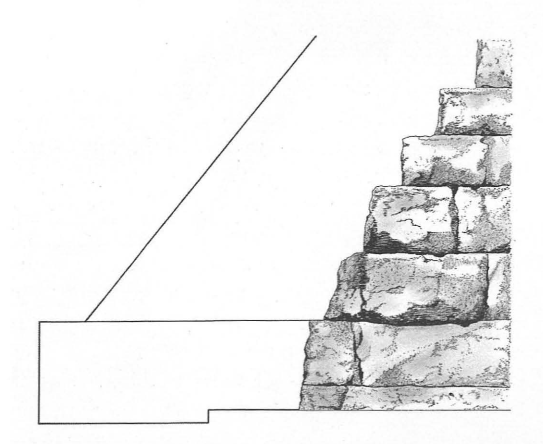


Figura 2
Representación del pedestal o estilóbato que rodearía el núcleo y sobre el cual se asentaría el recubrimiento (Romer 2007).

Negación de su existencia

A pesar de lo dicho, la existencia antaño de esta envoltura de sillería fue negada o cuestionada por algunos autores; tanto antes como después de la expedición francesa. Jean Coppin, militar, cónsul y religioso, que residió en Egipto casi 10 años, afirma sin pudor que: «Algunos autores han dejado escrito que antiguamente la pirámide estaba revestida con bloques de mármol que ocultaban la presencia de estos escalones; pero tal afirmación ha sido inventada por aquella clase de gente que únicamente les gusta hablar de cosas extraordinarias. En realidad, estos intervalos estaban rellenos de un paramento inclinado de cemento, que el largo paso de los años endureció en gran medida; no obstante, este mismo tiempo, después de haberlo consolidado, también lo debilitó y finalmente lo consumió» (Coppin 1720, 266). Fue para dilucidar esta cuestión que Carsten Niebuhr arriesgó su vida escalando la segunda pirámide de Guiza, hasta alcanzar el revestimiento: «Todavía hoy se puede ver en lo alto de este monumento, alrededor del vértice, una gran parte del recubrimiento; y, aunque de lejos parece liso y de una piedra más dura, sobre todo cuando el sol la ilumina, es no obstante de la misma piedra caliza floja de la cual está construida la parte restante de la pirámide» (Niebuhr 1776, 159-160).

El erudito orientalista Louis-Mathieu Langlès (1763-1824), aún siendo conocedor de la obra de Niebuhr, en las extensas notas insertadas en el tercer volumen del viaje de Norden, dice al referirse a la pirámide de Quefrén: «Originariamente la segunda pirámide estaba recubierta de una capa o enlucido compuesto de yeso, un poco de arena y algo de grava» (Norden 1798, vol. III: 288). Theódore Renoüad de Bussierre (1802-1865) secretario de embajada, viajero y etnólogo, incurre en el mismo error: «Primero subimos por la parte exterior hasta la cima de la pirámide mayor. Antiguamente esto era imposible pues, a juzgar por la segunda pirámide, las fachadas eran lisas y cubiertas de un revoco. Actualmente el mortero no existe y los sillares que han servido para la construcción forman 209 escalones...La cima de la segunda pirámide está todavía cubierta de de un enlucido formado por yeso, grava y arena; este mortero parece indestructible» (Bussierre 1829, carta XXXVI: 7-12).

Más grave aún es que un reputado arquitecto inglés como Joseph Gwilt (1784-1863) afirme que: «Las pirámides están construidas exteriormente con mortero común; no obstante, ninguna traza de mortero se puede observar en las partes más perfectas de su mampostería» (Gwilt 1842, 33). Desoyendo o ignorando no solo el riguroso testimonio de Niebuhr, sino también el de Jomard, que con el mismo objetivo repitió tan peligrosa escalada: «Sobre la arista he

observado la particular disposición de las piedras: se recubren e intercalan de manera que resultan inseparables, uniendo solidamente y de forma casi indestructible el revestimiento con el núcleo del edificio» (Jomard 1829, 5: 644-646).

CONFIRMACIÓN DE SU EXISTENCIA

En 1837, las desaforadas pero fructíferas excavaciones del coronel Howard Vyse y su ayudante el ingeniero John Perring, pusieron al descubierto, bajo los escombros que rodeaban la cara norte, algunos de los sillares que formaban parte del antiguo revestimiento calizo (figura 3).

Las uniones no sobrepasan el medio milímetro de espesor y, aún así, consiguieron cubrir toda la superficie de contacto de los bloques mediante una lechada muy líquida, formada por una mezcla de yeso y de cal ordinaria, extremadamente resistente. Incluso las muescas que se practicaban en la arista de la base, para maniobrar lateralmente las piedras con palancas, eran posteriormente rellenadas con mortero y gravilla; lo cual da fe del grado de autoexigencia de los antiguos constructores egipcios. La roca viva que rodea el núcleo fue nivelada y sobre ella se colocó un grueso pavimento de caliza perfectamente plano, sobre el cual descansaba la primera hilada de sillería del revestimiento y, aunque aquel sobresalía unos 40 centímetros, tal reborde no pertenecía a un pedestal o estilóbato, sino que era parte del propio pavimento que en su día bordeaba toda la pirámide a modo de témenos o períbolo. Esto sentenció definitivamente la hipótesis de Jomard. La medición directa del ángu-

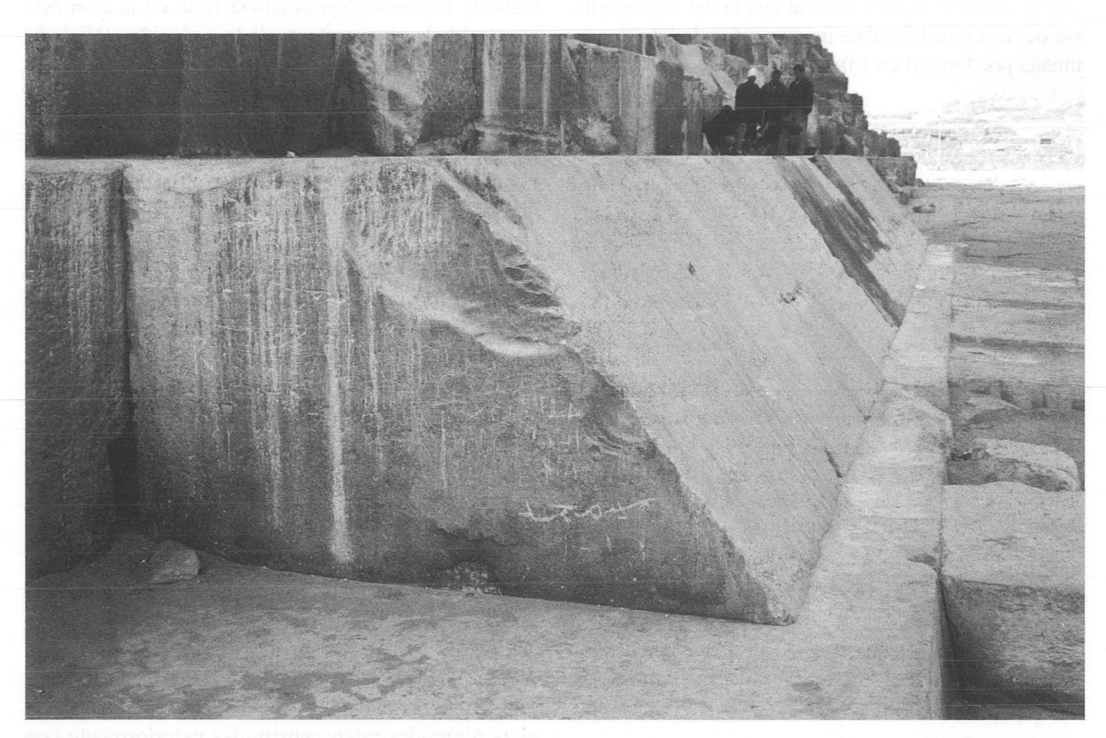


Figura 3.
Parte de la primera hilada de revestimiento, en la cara norte, de la pirámide de Quéope (Ricart 2007). Este afortunado hallazgo disipó definitivamente las dudas sobre la existencia de un revestimiento de sillería y permitió conocer directamente su espesor, el ángulo de inclinación de las caras, y los límites del lado de la base sobre el pavimento; es decir, lo que los sabios franceses precisaban en su día para establecer correctamente las dimensiones del monumento. Vyse describe con admiración la perfección óptica del tallado y el acoplamiento de dos de estas grandes piedras que todavía permanecían enteras en su lugar original, a pesar de los siglos transcurridos y la violencia a que habían estado expuestas (Vyse 1840, 1: 261).

lo de inclinación permitiría calcular también la altura y la apotema de la pirámide, una vez conocida la longitud del lado de la base; pero ésta, resultaba incierta mientras no se determinara la posición exacta de las esquinas.

Hipótesis sobre las esquinas

Flinders Petrie (1853-1942), considerado como el padre de la arqueología moderna, partió hacia Egipto en noviembre de 1880, a la edad de 26 años. Trianguló toda la meseta de Guiza y con el mismo procedimiento dedujo las medidas exteriores de las pirámides; las más precisas obtenidas hasta aquel momento (figura 4).

Las dimensiones de la base vendrían determinadas por la línea de encuentro del plano superior del pavimento y el plano de fachada de la pirámide. El valor medio del ángulo obtenido por Petrie, en los diferentes restos de revestimiento encontrados, fue de 51° 50' 40ø ± 1' 5ø (Petrie 1990,12). En 1925, el gobierno Egipcio, a instancias de Ludwig Borchardt, director del Instituto Alemán de Arqueología de El Cairo, contrató al ingeniero y topógrafo inglés J.H. Cole, para establecer oficialmente las medidas originales de la base, incluido el revestimiento. Los resultados corrigieron levemente los obtenidos por Petrie a finales del siglo anterior (Cole 1925, 39). Se propuso también un diseño alternativo de las esquinas del monumento: en este caso la piedra angular descansaría sobre una gran losa insertada en la cavidad esculpida en la roca viva (figura 5).

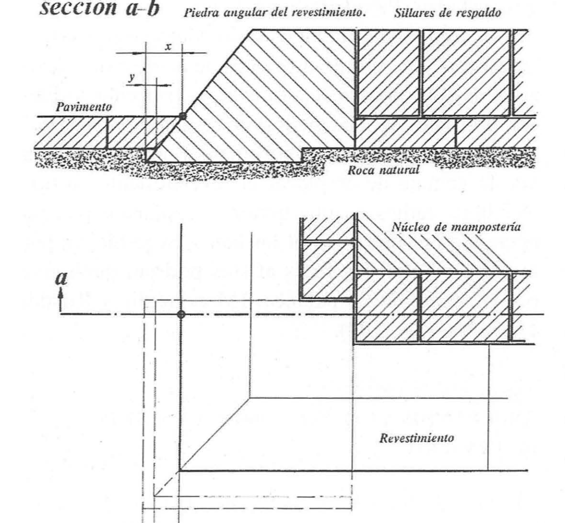


Figura 4
Hipótesis de Petrie sobre la forma y disposición de los sillares de revestimiento correspondientes a las esquinas de la pirámide (Ricart 2007).

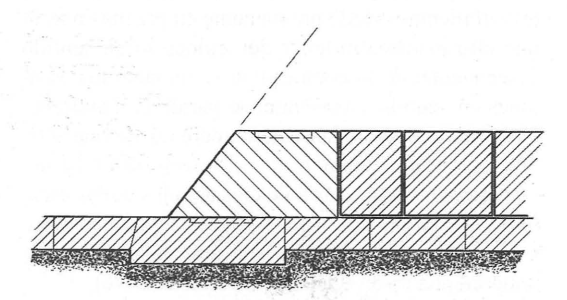


Figura 5
Hipótesis de Borchardt sobre la forma y disposición de los sillares correspondientes a las esquinas y a su base de cimentación. El sistema de acoplamiento, indicado mediante líneas a trazos, es también hipotético (Ricart 2007).

Orden de colocación de los sillares de revestimiento

Una de las cuestiones más debatidas e importantes, es si los sillares de piedra del revestimiento fueron colocados con posterioridad a la construcción del núcleo de mampostería de la pirámide, o al mismo tiempo que este, y cual era su estado de elaboración.

El testimonio más antiguo al respecto es el de Herodoto: « La pirámide fue edificándose de modo que en ella quedasen unas gradas o apoyos, que algunos llaman escalas y otros altares. Hecha así desde el principio la parte inferior, iban levantándose y subiendo las piedras, ya labradas, con cierta máquina formada de maderos cortos, que, alzándolas desde el suelo, las ponía en el primer orden de gradas, desde el cual, con otra máquina que en él tenían prevenida, las subían al segundo orden, donde las cargaban sobre otra máquina semejante, prosiguiendo así en subirla, pues parece que cuantos eran los órdenes de

gradas, tantas eran en número las máquinas, o quizás no siendo más que una fácilmente transportable, la irían mudando de grada en grada cada vez que la descargasen de la piedra; que bueno es dar de todo diversas explicaciones. Así es que la fachada empezó a pulirse por arriba, bajando después consecutivamente, de modo que la parte inferior, que estriba en el mismo suelo, fue la postrera en recibir la última mano» (Herodoto 1968, libro II, CXXV: 169).

Quatremere de Quincy (1755-1849), Intendente General de Artes y Monumentos Públicos de Luis XVIII, opinaba que Herodoto había de referirse a un revestimiento cortado previamente en prismas puesto que ello justificaría tener que colocarlo en sentido descendente; de lo contrario, si se rellenan los escalones en sentido ascendente, se pierde la plataforma que estos proporcionan. Quatremere añade que: «Es preciso admitir también que el otro procedimiento, consistente en eliminar todos los ángulos de los escalones de mármol aparejados, cortados y escuadrados, implica un doble trabajo y un gran desperdicio de material precioso» (Quatremere 1803, 95-96).

Los innumerables autores que proponen el empleo de maquinas elevadoras emplazadas sobre las gradas, e inspiradas en el relato de Herodoto, están obligados a defender la colocación del recubrimiento en una fase posterior, en sentido descendente; o bien, su corte y pulido como última operación, dado que resulta imposible afianzar los aparatos sobre lisas e inclinadas fachadas. Quienes, apoyándose en el testimonio de Diodoro o Plinio y en los registros arqueológicos, creen que las pirámides fueron edificadas mediante el recurso del plano inclinado o rampa, no pueden evitar (en la Gran Pirámide) que la longitud y el volumen del terraplén que se genera resulte insostenible al intentar alcanzar la cima; o bien impracticable por el grado de pendiente cuando se quiere soslayar los inconvenientes anteriores.

Si se opta por las rampas envolventes, nos enfrentamos a un incremento progresivo de la pendiente, falta de estabilidad en los terraplenes, dificultad para girar en las esquinas, y a la imposibilidad de controlar la forma de la pirámide durante su edificación. Hay que señalar que si los sillares del revestimiento consistieran en meras cuñas complementarias de los escalones, sin mediar solapamiento, sería imposible ajustarlos y el paramento carecería de consistencia, tal como afirman los arquitectos Antoine Marie Chenavard (1787-1883) y Jean-Michel Dalgabio (1788-1852): «La desigualdad en la altura de las hiladas responde suficientemente a la necesidad de esta disposición. La piedra del revestimiento está dispuesta en atizón (insertada o embutida) en el cuerpo del monumento; en ningún caso simplemente ubicada en el vacío triangular que deja cada grada o peldaño. Esta estructura se hace todavía más patente en la tercera pirámide... la inspección de esta pirámide (Micerino) proporciona la prueba de que las hiladas inclinadas del revestimiento eran colocadas al mismo tiempo que se levantaba el cuerpo de la pirámide; dado que están aprisionadas en el propio núcleo» (Chenavard 1849, 187-195).

A pesar de ello, el arqueólogo francés Gaston Maspero (1846-1916) declara que: «La labor de revestimiento comenzó por lo alto: la punta fue emplazada en primer lugar; después, las hiladas fueron progresivamente recubiertas hasta alcanzar la base» (Maspero 1887, 128).

Petrie llegó finalmente a la conclusión de que el revestimiento fue colocado desde atrás; es decir, en primer lugar, y a continuación el núcleo de relleno. También con las caras ya totalmente acabadas puesto que: «Existe una pequeña diferencia de ángulo entre los bloques del revestimiento, en su unión, lo cual demuestra que la fachada no era pulida después de ser ajustada» (Petrie 1930, 33-39).

Los arquitectos italianos Vito Maragioglio y Celeste Rinaldi, aseguran que antes de colocar un nuevo nivel de sillares de revestimiento, se procedía a rellenar el inferior con las piedras de respaldo y posteriormente los bloques que conforman el núcleo. Añaden que la ventaja de emplazar el revestimiento en primer lugar radica en que permite acoplar las piedras operando por detrás y por los lados. Si se hiciera por la parte frontal, las finas aristas podrían quebrarse por la acción de las palancas (Maragioglio y Rinaldi 1965, 4, obs. 9: 109).

ARGUMENTOS A FAVOR DE OBRAR EN SENTIDO DESCENDENTE

El corte de los sillares correspondientes al revestimiento, en sentido descendente y una vez colocados, es mencionado ya por el historiador árabe Masudi en el siglo X: «Construían las pirámides por hiladas de piedras superpuestas formando gradas, como una escalera; después las pulían raspándolas de arriba abajo» (Masudi 1863, 379-380).

El arquitecto del Panteón de París, Jean-Baptiste Rondelet (1743-1829), opta por este mismo proceder, argumentando que: «Empezando la operación de revestimiento por la cima, se tiene la facilidad de poder acabar sucesivamente las partes superiores sin correr el riesgo de dañarlas trabajando las partes inferiores. Esta forma de operar tiene además la ventaja de poder prescindir de andamios, puesto que cada escalón hace su función. Es probable que las caras de los mármoles, destinadas a formar la superficie inclinada de la pirámide, estuvieran únicamente esbozadas y que se finalizaran en su lugar de ubicación, una vez cada hilada estuviera acabada, conectándola con las partes ya hechas» (Rondelet 1804, 2: 62).

También los miembros de la expedición francesa: el coronel Coutelle y el ingeniero en jefe Gratien Lepère, creían que era factible: «Es muy posible que las piedras del revestimiento hubieran sido dejadas cuadradas y en bruto por la parte externa. Finalizada la construcción, se cortarían los ángulos empezando por la parte más alta. Cada grada serviría de andamio y escalera para subir y bajar, para colocar las máquinas, para subir las piedras y pulir la superficie» (Coutelle 1829, vol. IX: 288). No debemos dudar de que las pirámides se construyeran tal como nos describe Herodoto; es decir formando escalones, por capas horizontales y con alturas reguladas por las correspondientes hiladas del revestimiento. Estas piedras están sucesivamente encastradas las unas en las otras, y todo el conjunto, a modo de gradas o peldaños de una inmensa escalera. Es sobre estos escalones que se emplazaron las piezas del armazón o andamiaje; y que, ya sea por medio de cabrias, de poleas y palancas, o de tornos y cuerdas, montaron alternativamente de uno a otro los sillares y los materiales empleados en la construcción. Tampoco debemos cuestionar que incluso las piedras de revestimiento fueran emplazadas al mismo tiempo que las de la masa interior o núcleo de la fábrica por nivelación plana; pues, había necesidad de sus grandes dimensiones para poder soportar la carga de las máquinas de transporte y las maniobras de los obreros. Una vez finalizada la pirámide, había que empezar el pulido por la parte superior, descendiendo sucesivamente de la cima a la base; haciendo pasar, el plano general de inclinación de sus fachadas triangulares, algunos dedos por el interior de los ángulos entrantes de cada uno de los escalones; de forma que, en último término, únicamente presentara perfectamente cortadas y lisas las superficies de las cuatro caras (Lepére 1826, 2-3).

El arqueólogo norteamericano Mark Lehner responde sin convicción a sus propias objeciones: «Al observar las pirámides inacabadas es fácil darse cuenta de que los albañiles cortaron el material sobrante después de que la pirámide estuviera construida, empezando desde arriba y trabajando hacia la directriz a medida que iban retirando las rampas y los terraplenes de construcción ¿Cómo podían estar seguros que debajo de la piedra sobrante tendrían cuatro esquinas rectas y cuatro caras lisas que llegarían de manera uniforme hasta un punto? ¿Cómo podían cubrir tantos metros de piedra caliza fina sin cincelar demasiada piedra ni crear ondulaciones en las caras de las pirámides? Los albañiles establecían pautas válidas para el recorte final de la pirámide en todos y cada uno de los bloques de revestimiento cuando unían uno con otro...Antes de tapar la cara de unión de cada bloque con el siguiente, tenían que dibujar la línea de la pendiente de la cara de la pirámide; líneas a lo largo de las cuales se realizaría posteriormente el gran recorte para eliminar el material sobrante al final del proyecto de construcción...Tal vez dibujaban la pendiente colocando cartabones de madera, hechos según el ángulo deseado, contra la cara de unión de cada bloque. Sin embargo, para utilizar un triángulo, uno debía disponer idealmente de una superficie totalmente paralela al suelo...Con una plomada contra la cara vertical del triángulo iría mejor, pero las plomadas se mueven. En el mejor de los casos, el error en cada bloque quedaría compensado, no se acumularía, después de cientos y miles de bloques...Si la pendiente, tal como quedaba marcada en un bloque, se desviaba ligeramente en una dirección, los demás bloques debían desviarse en la dirección opuesta para compensar el error» (Hawass 2003, 42).

ARGUMENTOS CONTRARIOS A OBRAR EN SENTIDO DESCENDENTE

El arquitecto y egiptólogo francés Jean Philippe Lauer cree que únicamente el pulido de los bloques pudo efectuarse en sentido descendente: «La colocación de una hilada de revestimiento antes de la inmediata inferior, habría dejado a cada bloque de la primera en una peligrosa posición en saledizo. En cuanto a la operación de introducción y ajuste de

cada uno de los bloques de revestimiento de la hilada inferior, por debajo de los correspondientes a la superior, habría presentado enormes dificultades» (Lauer 1973, 140).

No obstante, para llevar a cabo un pulido general de las fachadas, habiendo ya cortado los sillares, sería necesario disponer de una rampa envolvente o una perpendicular en cada fachada; lo cual no es técnicamente viable, ni lo admite la arqueología de la meseta de Guiza.

El arquitecto francés Jean Pierre Houdin, a pesar de recurrir a la moderna tecnología informática de simulación en tres dimensiones, no consigue convencer de la necesidad de su laborioso circuito interno de túneles en rampa, con rellanos abiertos al exterior en cada esquina, que exigen que el revestimiento correspondiente a esta parte sea colocado y pulido en la fase descendente; y aún así, para construir los últimos 16 metros, precisa de numerosas máquinas tipo cigoñal emplazadas sobre amplias terrazas escalonadas.

Mi propuesta constructiva

Los sillares de revestimiento tuvieron que emplazarse en su lugar definitivo al mismo tiempo que se edificaba la pirámide, totalmente acabados y pulidos y una hilada por delante del núcleo; formando un reborde perimetral y rellenando a continuación el espacio interior con los bloques de respaldo y núcleo.

Se utilizaría el recurso del plano inclinado o rampa, sobre la fachada sur de la pirámide, hasta la colocación de la hilada 61 de mampostería; cuyas piedras rodean, sin sobrepasar, los arquitrabes de granito que forman el primer techo plano de la Cámara del Rey.

La parte superior de la hilada 60, dista de la base de la pirámide 49,77 m. Este era el nivel máximo o altura de la rampa por medio de la cual se colocó, además: la hilada 61 completa y partes progresivamente menores de las hiladas 62-71, siguiendo la prolongación de la rampa sobre la terraza en construcción.

El terraplén tendría en su fase final, una longitud equivalente a la que Herodoto asigna a la espléndida calzada que costó diez años de trabajo a todo el pueblo egipcio: 5 estadios, y se apartaría del pie de la pirámide 883,533 m. Esto equivale a un desnivel del 5,39 % ; inclinación muy adecuada para arrastrar las grandes piedras sin sobrepasar las más lejanas canteras de caliza fósil de la propia meseta, situadas al sudeste de la pirámide de Micerino, límite arqueológico de cualquier posible rampa (figura 6).

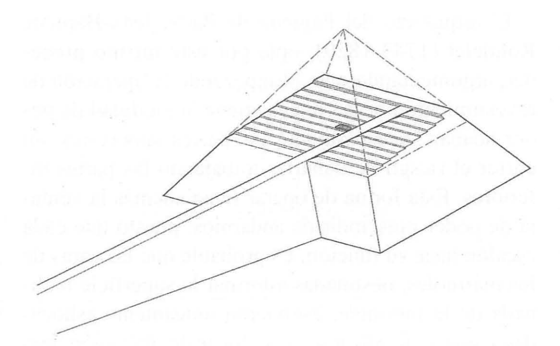


Figura 6
La rampa de construcción y su prolongación en pendiente sobre la cara superior del tronco de pirámide (Ricart 2007).

A partir de aquí, la rampa es sustituida en su función por un sistema elevador adosado a la fachada, formado por dos raíles sustentados por una estructura de madera que se prolonga a medida que la obra crece y se accede a un nuevo nivel (figura 7).

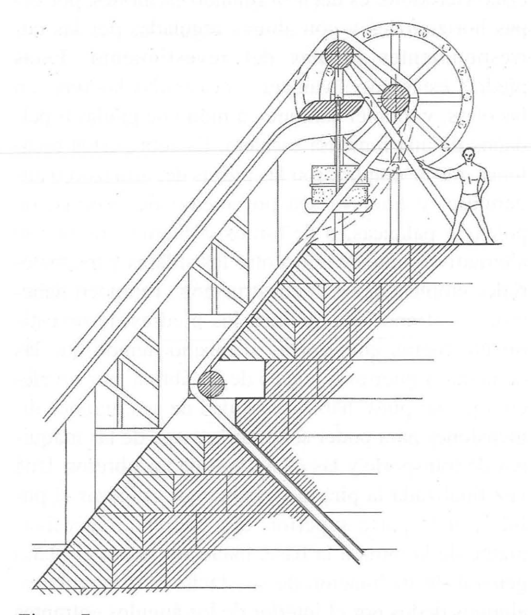


Figura 7
Dispositivo elevador a partir del nivel de salida del respiradero sur (Ricart 2007).

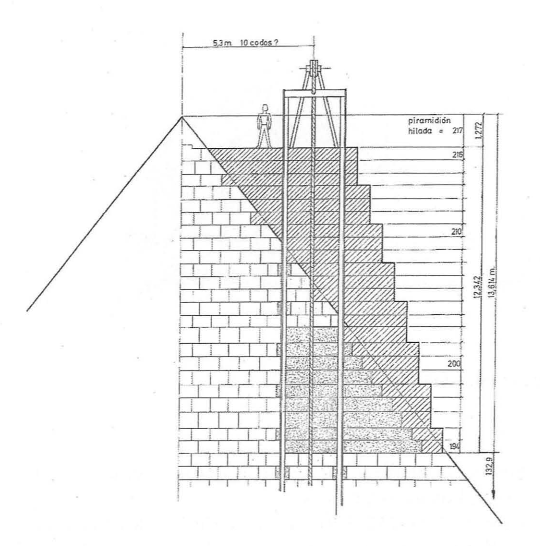


Figura 8
Terraza auxiliar provisional construida progresivamente a partir de los 133 m. de altura (Ricart 2007).

Las barandas de deslizamiento eran soportadas por sólidos postes de madera apoyados sobre las gradas obtenidas por la ausencia provisional de uno de cada tres bloques del propio revestimiento de la pirámide. Para la colocación de las últimas hiladas y el piramidión, se construyó una terraza lateral adosada sobre la fachada oriental, que permitía operar desde el exterior; dado que la superficie de trabajo se reduce progresivamente a medida que se accede a la cumbre. Es por ello que el conducto del respiradero sur se halla desplazado de la apotema de la pirámide 10 codos (5,3 m.) hacia el lado este (figura 8). La fuerza ascensional era proporcionada por un dispositivo mecánico de contrapesos emplazado en las cámaras interiores y transmitida al sistema elevador exterior por medio de una gruesa cuerda que sobresalía a través del respiradero sur (figura 9).

El regreso de los contrapesos a la zona de partida, en el interior de la Gran Galería, se conseguía sustituyendo el sillar ya depositado sobre la terraza en construcción, por arena; por la acción de un gran torno reductor emplazado en el interior de la Cámara de la Reina; así como de dos grandes ruedas de escalones: una en el interior de la Cámara del Rey, y otra al pie del sistema elevador exterior (figura 10).

Conclusión

Así pues, el mecanismo de las cámaras, junto con el sistema elevador exterior, hace posible sustituir

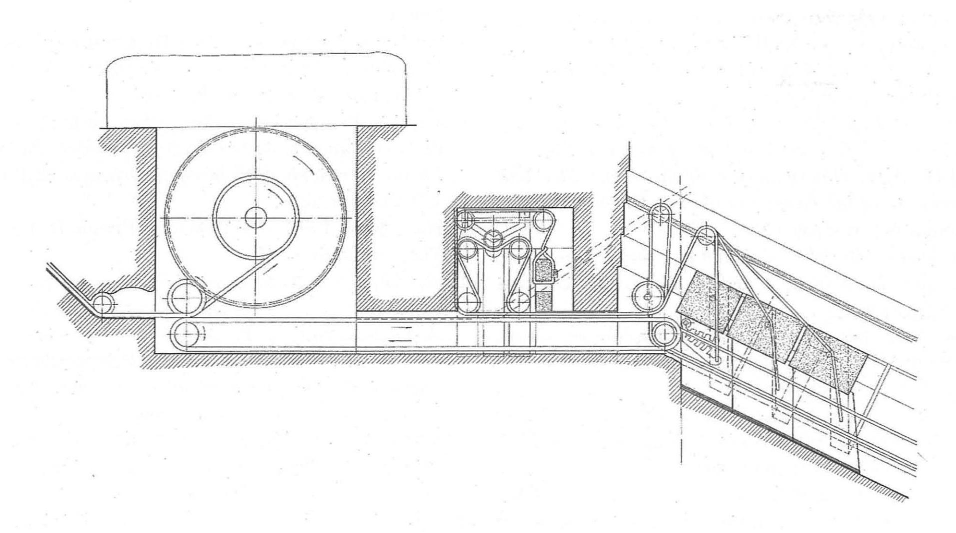


Figura 9
Vista del mecanismo de la Cámara del Rey, Antecámara y parte superior de la Gran Galería (Ricart 2007).

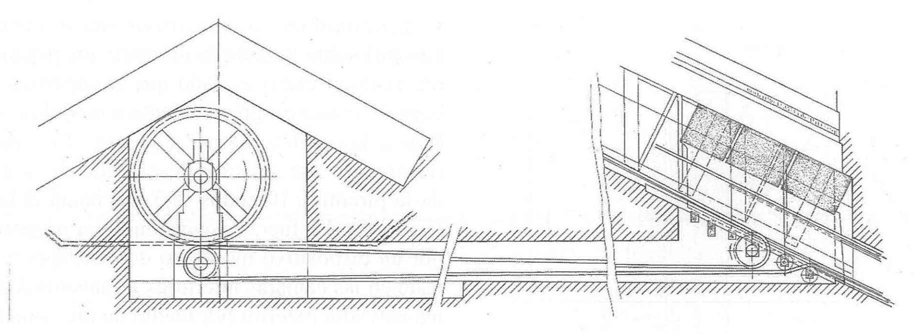


Figura 10.
Vista del mecanismo de la Cámara de la Reina y parte inferior de la Gran Galería (Ricart 2007).

a la rampa antes de que técnica y arqueológicamente sobrepase los límites admisibles, y proseguir la obra sin necesidad de disponer de escalones en las fachadas.

Lista de referencias

Abd-Allatif 1810. *Relation de l'Égypte*. Traducido por M. Silvestre de Sacy. París : l'Imprimerie Impérial.

Al-Makrizi 1895-1900. *Description topographique et historique de l'Ègypte*. Mémoires publiés par les membres de la Misión

Archéologique Française au Caire, sous la direction de M. Urbain Bouriant, vol. XVII. París: Ernest Leroux.

Anglure, Ogier d' 1878. *Le Saint Voyage de Jherusalem*. París : Bonnardot & Longnon.

Bussierre, Renoüad 1829. *Lettres sur l'Orient, écrites pendant les années 1827 et 1828*. París: F. G. Levrault.

Cole, J.H. 1925. *Determination of the Exact Size and Orientation of the Great Pyramid of Gizeh*. El Cairo: Government Press, paper 39.

Coppin, Jean [1686] 1720. *Relation des voyages faits dans la Turquie, la Thebaïde et la Barbarie*. Lyon : Chez les Freres Bruyset.

Coutelle, Jean-Marie-Joseph 1829. «Observations sur les Pyramides de Gyzeh» . *Description de l'Égyte*. Vol. IX. París : C. L. F. Panckoucke.

Chenavard, Antoine- Marie; Étienne Rey y Jean-Michel Dalgabio 1849. *Voyage en Grèce et dans le Levant fait en 1843-1844*. Lyón : Léon Boitel.

Chesneau, Jehan 1759. «Voyage de Gabriel de Luetz, Seigneur d'Aramon, à Constantinople, en Perse, en Egypte, & en Palestine». *Pieces fugitives pour servir a l'histoire de France*, Vol. I, primera parte. París : Hugues & Claude.

Diodoro de Sicilia 1995. *Biblioteca Histórica*, libro I. Madrid: Ediciones Clásicas.

Greaves, John [1736]1646. «Description des Pyramides d'Égypte». *Relations de divers voyages curieux qui nont point esté publie'es*. M. Melchisedec Thevenot. París, Thomas Moette.

Gwilt, Joseph 1842. *An encyclopædia of architecture, historical, theoretical, and practical*. Londres: Longman, Brown, Green, and Longmans.

Hawass, Zahi 2003. *Tesoros de las Pirámides*. Barcelona: Ediciones Librería Universitaria.

Herodoto 1968. «Los nueve libros de la Historia. libro II». *Historiadores Griegos*. Madrid : Edaf.

Houdin, Jean-Pierre 2003. *La pyramide de Kheops. Sa construction intégralement expliquée*. París : Éditions du Linteau.

Jomard, Edme-François 1829. «Description generale de Memphis et des pyramides». *Description de l'Égypte*, vol. V. París : C. L. F. Panckoucke.

Lauer, Jean-Philippe 1973. «Remarques sur la planification de la construction de la Grande Pyramide». *Bulletin de l'Institut Français d'Archéologie Orientale* (BIFAO 73) 127-142, El Cairo.

Lehner, Mark 1997. *The Complete Pyramids*. Londres : Thames and Hudson.

Lepère Gratien 1826. *Mémoire sur les pyramides d'Égypte, et sur le système religieux, de leur érection et de leur destination*. Poitiers : F. A. Barbier.

Letronne, Jean-Antoine 1881. «Sur le Revétement des Pyramides de Gizeh». *Oeuvres choisies, Égypte Ancienne*, E. Fagnan, vol. I. París : Ernest Leroux.

Maragioglio, Vito; Rinaldi, Celeste1965. *L'Architettura delle Piramidi Menfite*, vol. IV, Rapallo: Officine Grafiche Canesca.

Maspero, Gaston 1887. *L'Archeologie Égyptienne*. París, Maison Quantin.

Masudi 1863. *Les prairies d'or*, II. Société Asiatique, texto

y traducción de C. Barbier de Meynard y Pavet de Courteille. París: Imprenta Imperial.

Niebuhr, Carsten [1774] 1776. *Voyage en Arabie & en d'autres pays circonvoisins*. Amsterdam: S. J. Baalde.

Norden, Frederik Ludwig 1798. *Voyage d'Egypte et de Nubie*, vol. III, notas de L. Langlès. París: Pierre Didot l'Ainé.

Petrie, Flinders 1930. «The building of a pyramid». *Ancient Egypt*. Londres.

Petrie, Flinders [1883] 1990.*The Pyramids and Temples of Gizeh*. Londres: Histories & Mysteries of Man.

Quatremere de Quincy, Antoine Chrysostome 1803. *De l'Architecture Égyptienne, considérée dans son origine, ses principes et son goût, et comparée sous les mêmes rapports à l'Architecture Grecque*. París : Chez Barrois l'aîne et Fils.

Ricart, Alejandro 2007. *Las Pirámides de Egipto. La Técnica Oculta*. Tarragona : Ediciones ARC.

Romer, John 2007. *The Great Pyramid. Ancient Egypt Revisited.* Cambridge: University Press.

Rondelet, Jean-Baptiste 1802-1817. *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir,* vol. II. París : Chez l'auteur, enclos du Panthéon.

Thenaud, Jean 1884. *Le Voyage d'Outremer (Égypte, Mont Sinay, Palestine)*. París : Ernest Leroux.

Vyse, Howard 1840. *Operations Carried on at the Pyramids of Gizeh in 1837*. vol. I. Londres: J. Fraser.

Las casas tradicionales de pescadores mediterráneas y los materiales de proximidad

Ramon Ripoll Masferrer

Una de las tipologías arquitectónicas tradicionales de mayor interés y que más han influenciado en la arquitectura del movimiento moderno, han sido las casas de pescadores del litoral mediterráneo. La sencillez tecnológica, el espíritu de austeridad, la rigurosa funcionalidad, la pureza de formas, el tratamiento de la luz, la adaptación al entorno y sobretodo los materiales de proximidad; han sido las causas de la importancia de estas tipologías arquitectónicas tradicionales. Unas características que son las que han definido la identidad histórica de los pueblos tradicionales más auténticos del litoral mediterráneo.

El objetivo de esta comunicación es analizar la estrecha relación entre los materiales de proximidad, utilizados en las casas de pescadores tradicionales de la costa catalana, con la creación de una arquitectura adaptada al entorno. Investigar esta correlación es encontrar las razones por las cuales a partir de la utilización de una tecnología constructiva, surgida a partir de los materiales de proximidad, se han creado unas construcciones respetuosas con el paisaje del lugar. Los conceptos que utilizaremos para unir estos dos términos (materiales de proximidad y paisaje del lugar) son los conceptos de materialidad y autenticidad de la construcción utilizada y los conceptos de interioridad y territorialidad de los espacios obtenidos. De esta manera pretendemos revisar la relación entre los materiales y la arquitectura tradicional y sobretodo hasta que punto influye la tecnología con el espíritu de los edificios tradicionales de nuestro litoral, su juego dinámico de volúmenes, la lógica de la irregularidad, la austeridad decorativa, la arquitectura entendida como soporte discreto de la vida[1], etc.[2]

La metodología utilizada se ha basado en el estudio de ejemplos de casas de pescadores tradicionales que se han mantenido integras en los últimos 70 años. Unos edificios que nos permiten analizar los materiales utilizados, el proceso constructivo, los espacios interiores creados y finalmente la morfología urbana resultante. Una información que nos permite entender y revalorizar la importancia de esta arquitectura tradicional que se encuentra actualmente, en la mayoría de casos, en un estado de desprotección legal y urbanística.

En las conclusiones haremos un esfuerzo por analizar la relación de los materiales del entorno con la racionalidad y humanismo próximo a algunos de los mejores arquitectos del movimiento moderno (le Corbusier, Josep Lluis Sert, Coderch, etc.).

Las casas de pescadores del litoral catalán y las tecnologías constructivas

La vida de los pescadores tradicionales de la costa, hasta mediados del s.XX, es el factor más importante de creación de una arquitectura anónima, honesta y discreta. Unos valores que surgen de la unión de los criterios dados por el propietario enraizado en el lugar y ejecutados por el albañil que conoce a la perfección los materiales de la zona. Este reparto tradicional de responsabilidades, junto a la economización de recur-

sos, la lectura adecuada del emplazamiento, el aprovechamiento de la forma del solar el saber resguardarse de las adversidades climatológicas, la continua superación de las limitaciones económicas, la imaginación delante de la escasez de materiales, la sinceridad en la interpretación de las funciones...hacen que cada una de las casas tradicionales sea diferente y irrepetible.

A pesar de esta gran diversidad, las viviendas tradicionales de pescadores tienen unos valores compartidos que definen un lenguaje arquitectónico propio del lugar. Un medio lingüístico que no es la voz singular del propietario o de los maestros artesanos individualmente, sino del sentido común de la comunidad local. Una manera de actuar moral fundamentada en la funcionalidad, la sencillez, la sinceridad y el respeto hacia el entorno y a las personas. Un lenguaje arquitectónico definido por un legado constructivo de una gran lógica como son: paredes de carga, crujías de poca anchura, simplicidad estructural, cubiertas planas o con pendiente, aleros pequeños, predominio del encalado blanco, una puerta o ventana por cada espacio interior, regulación de la intensidad de la luz, tabiques de repartición adaptables, acabados minimalistas, etc.[3]

De cada uno de los ejemplos que presentamos[4] hemos realizado un levantamiento de las plantas (relacionando el mobiliario tradicional con la función) y una sección en perspectiva militar (relacionando los sistemas estructurales con los espacios y volúmenes puros). La característica común a todos estos edificios analizados es que podemos vislumbrar un alto grado de proximidad de los materiales utilizados. Hemos realizado una primera clasificación a partir de estos materiales de construcción según el predominio de: madera, piedra y cerámica. Según el orden porcentual en la utilización de estos materiales obtenemos una clasificación de las casas de pescadores del litoral catalán de antaño.

Edificios construidos fundamentalmente con madera

Los materiales preponderantes de estas casas son los tablones y las soleras de madera obtenidas a partir del aprovechamiento de los árboles del entorno y unidos mediante ensamblajes diversos y clavos. Las características más importantes de las maderas son la maximización de recursos y la capacidad de adaptación de estas edificaciones a los lugares más dificultosos como son las payas de arena y las dunas situadas a pocos metros del mar. Los ejemplos seleccionados (abundantes sobretodo en las cercanías de la ciudad de Barcelona de mediados del s. XX) se caracterizan por la racionalidad de los planteamientos estructurales, la construcción de la casa sobre pilares de madera, el orden constructivo, la simplicidad funcional, la capacidad de responder a las diversas necesidades, la adaptación al cambio de funciones, la utilización de maderas obtenidas del mismo entorno, etc.

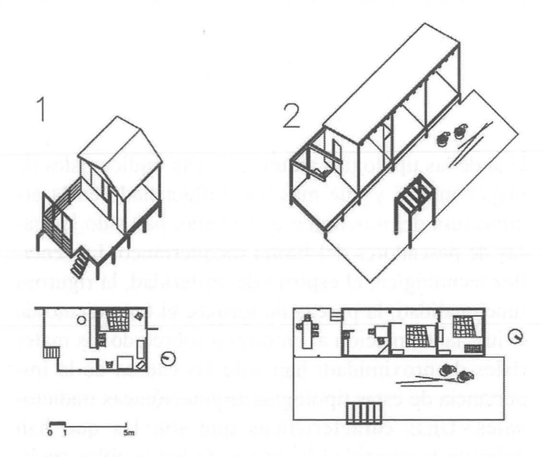


Figura 1
Ejemplos de casas de pescadores con predominio de la madera a mediados del s. XX. 1 y 2 Sector marítimo del Bogatell de la ciudad de Barcelona (dibujo del autor)

Edificios construidos fundamentalmente con piedra

Los materiales más usuales en estos edificios es la piedra obtenida del mismo solar o bien de las cercanías y que puede oscilar desde la piedra pizarrosa, caliza o bien granítica. La abundancia de estas construcciones responde al predominio generalizado de este material en toda la costa catalana, sobretodo en los puntos mas accidentados. La realización de rellanos sobre el terreno rocoso proporciona parte del material pétreo, mientras que el resto se obtiene del entorno más inmediato para disminuir, lo más posible, los gastos de transporte[5]. La piedra disponible para la

construcción de las casas de pescadores se selecciona antes de su utilización según sus dimensiones y de sus características geométricas y geológicas para la construcción de cimientos, enlosados, muros, marcos de piedra, dinteles, arcos y trabazones de todo tipo.

Algunas piezas se seleccionan para usos especiales que a menudo requieren un trabajo de labranza complementario. En estos casos los albañiles mas abezados utilizan, a pie de obra, la piqueta, la escarpa, el punzón...para conseguir una mayor geometrización de la piedra para los detalles más significativos que ensalcen los edificios de las familias con mayor poder económico. Para la unión de las piezas pétreas se usa morteros de cal y arena obtenidos de los hornos de cal y de los arenales más cercanos. En la mayoría de estos edificios encontramos elementos complementarios de madera (forjados, carpinterías, mobiliario, etc.) y también la presencia cada vez más importante de materiales cerámicos (tejas, tabiques, complementos interiores, etc.)

Figura 2
Ejemplos de casas de pescadores con predominio de la piedra a mediados del s. XX (3 Ampolla, 4 Garraf, 5 y 6 Sant Carlos de la Rápita, 7 Begur, 8 Montcada (dibujo del autor)

Edificios construidos fundamentalmente con cerámica

Los materiales cerámicos utilizados cada vez más en la construcción de la arquitectura tradicional son los ladrillos macizos y las tejas árabes. Con el paso del tiempo la cerámica se generaliza en los edificios del litoral catalán en el momento que se realizan las paredes de carga y de cerramiento con ladrillos macizos de 14 cm de anchura, 30 cm de longitud y de 3 a 5 cm de grosor aproximadamente. También se va generalizando este material en la construcción de soleras, arcos, bóvedas, así como los elementos complementarios formados por bancos de cocinas, chimeneas, etc.

La abundancia de arcillas de buena calidad, en las zonas próximas a la costa, facilita el uso y la expansión de los materiales cerámicos según formas y tipos cada vez más diversificados. A pesar del aumento de estos materiales cerámicos en la construcción

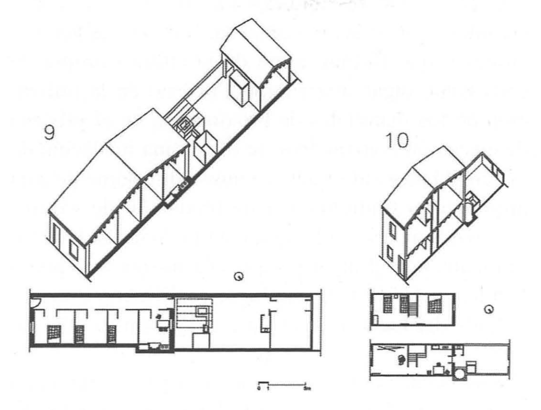


Figura 3
Ejemplos de casas de pescadores con predominio de la cerámica a mediados del s. XX. 9 Estartit, 10 Barcelona (dibujo del autor)

de casas de pescadores a finales del siglo XIX, se continuaran utilizando, sobretodo en la construcción de la fachada principal, la pared de mampostería por sus características estructurales y por su inercia térmica; y las vigas de madera, en los forjados, por su resistencia a flexión y facilidad constructiva.

LOS MATERIALES DE PROXIMIDAD Y SUS VALORES CULTURALES

Proximidad es la cualidad de una cosa que se encuentra cerca en el espacio y en el tiempo. Si aplicamos esta definición a los materiales de proximidad, en que se ha construido un edificio, comprobamos que estos materiales son los que se han obtenido de manera rápida del entorno de la edificación durante su realización. Las razones que justifican la utilización de materiales de proximidad no solamente es debido a los beneficios económicos que se derivan de la facilidad y rapidez de su obtención, sino sobretodo por la influencia que ejercen en la definición de unos sistemas constructivos determinados de una gran lógica constructiva, etc. De esta manera es ampliamente conocida la comodidad que supone la incorporación de los materiales de proximidad en el proceso de ejecución de una obra, pero no hemos de olvidar que son aún más importante los valores culturales que llevan implícitos.

En este sentido entendemos por valor al conjunto de cualidades por el que se aprecia una cosa. En el caso de los valores tradicionales son las cualidades surgidas, mejoradas y ensalzadas a través de generaciones y que forman parte de la cultura propia de cada zona, lugar o territorio. Por esto en la utilización de los materiales de proximidad, en el proceso de ejecución constructiva, se opera una traslación de las cualidades culturales del lugar directamente a la arquitectura tradicional. Una traslación de valores que ayuda a enraizar la arquitectura, material y culturalmente, con el lugar porque ella misma esta hecha con los materiales de este lugar, realizada por los artesanos del lugar y utilizada por las familias del lugar.

Los valores culturales[6], que emanan en gran parte de la utilización de los materiales tradicionales de proximidad, son fundamentalmente los valores culturales de: materialidad, autenticidad, interioridad y territorialidad.

Materialidad

Materia es la sustancia con que esta hecha una cosa. Por lo tanto el concepto de material pertenece a la materia y se opone a lo formal. De esta manera el concepto de materialidad es la cualidad cultural de los materiales.

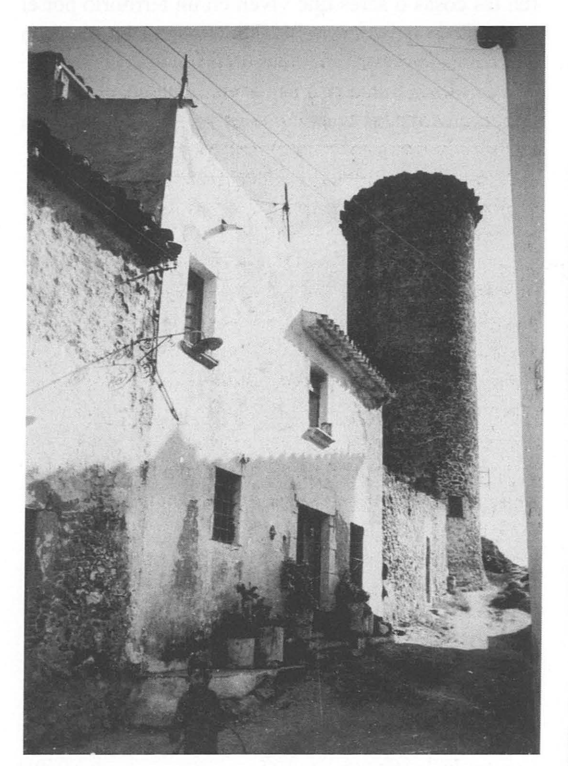
En este sentido la materialidad lo definimos por una serie de valores, expresiones y características culturales implícitas al material como son: dureza, rugosidad, pesadez, ligereza, resistencia... De esta manera los materiales de proximidad utilizados en las casas de pescadores del litoral catalán como son la madera (pino, encina, álamos...), piedra (caliza, sedimentaria, granítica...), arena (fina, gruesa...), cal (blanca, gris...), cerámica (teja, ladillo macizo...); expresan unas características propias por sus características innatas del mismo material.

En este sentido tenemos de recordar que este concepto de materialidad se ha revalorizado en los últimos años al ser redescubierto e incorporado en el proceso expresivo de buena parte del arte y la arquitectura actual (brutalismo). Finalmente hemos de recordar que, en la arquitectura tradicional, las características materiales quedan reforzadas por el paso del tiempo remarcando su materialidad con todo tipo de patinas y secuelas producidas por el desgaste y el simple proceso de envejecimiento de los materiales de construcción.

Autenticidad

Entendemos por autenticidad a la cualidad de aquello que tiene garantizada la certeza. Este valor de la autenticidad lo podemos aplicar a la arquitectura tradicional de las casas de pescadores por su sinceridad constructiva y por lo tanto por ser contraria a la falsedad de los materiales utilizados. En los ejemplos estudiados vemos que cada edificio es el resultado lógico de la síntesis entre la función y la vida. Por tanto surge el concepto de autenticidad como el mejor sello de su identidad. Una identidad que es sinónimo de autenticidad debido a la simplicidad de las formas (cada elemento tiene su significado), al realismo espacial (cada espacio define una función), la simplicidad tecnológica (cada material define una textura que lo identifica), y el equilibrio con su entorno (la organicidad de su composición esta abierto a continuas evoluciones).

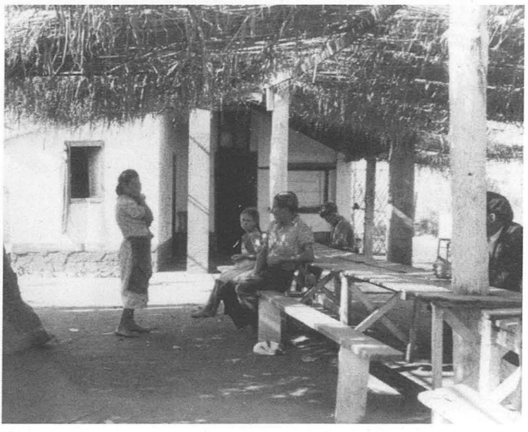




Figuras 4 y 5
Casas de pescadores de la primera mitad del s. XX donde se hace evidente las texturas de los materiales de construcción de proximidad (fotografías autor anónimo, AMMB primera mitad s. XX)

De esta manera la arquitectura tradicional de las casas de pescadores, gracias al concepto de autenticidad, consigue una buena vecindad e integración con la vida que le rodea. En este caso los maestros de obras son verdaderos artesanos de los materiales de proximidad como posición moral de autenticidad.





Figuras 6 y 7
Casas de pescadores de la primera mitad del s. XX donde se hace evidente la autenticidad espacial por la utilización de materiales de construcción de proximidad (fotografías autor anónimo, AMMB primera mitad s. XX)

Interioridad

El valor de interioridad es la cualidad del espacio arquitectónico de dentro y comprendido entre sus límites. El albañil que interviene o construye el contenedor de estos espacios funcionales (sala, cocina, habitación...) define todas y cada una de sus particularidades funcionales (escalera, chimenea, banco, butaca, mesa, estantería, cabecera de cama...) de manera directa. Por esto el mobiliario construido, con gran simplicidad con materiales de proximidad, se integra con el espacio y la luz de una manera minimalista como partes inseparables del todo.

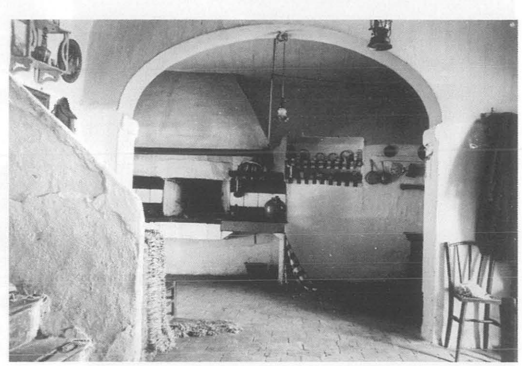
De esta manera el sentido de interioridad del nuevo espacio arquitectónico está formado por altura, anchura, profundidad y tiempo. La modulación de la luz mediterránea que realiza la nueva arquitectura, con el color blanco como gran protagonista, sirve de fondo y de medio unificador e integrador entre la función y el espacio con una gran fuerza plástica. Una luz que libera la pesadez de los materiales y confiere a la nueva arquitectura la ingravidez necesaria para recrear ambientes de seguridad y descanso.

Territorialidad

Definimos como territorial a todo lo que pertenece y se integra con el territorio. De esta manera el valor de territorialidad es la peculiar condición que adquieren las cosas o seres que viven en un territorio por el hecho de pertenecer a el y estar impregnados por un determinado ordenamiento territorial.

Desde este punto de vista la territorialidad es la característica de las cosas y seres que tienen su razón





Figuras 8 y 9
Casas de pescadores de la primera mitad del s. XX en donde se hace evidente la simplicidad interior y la sencillez de los materiales de construcción (fotografías autor anónimo, AMMB primera mitad s. XX)

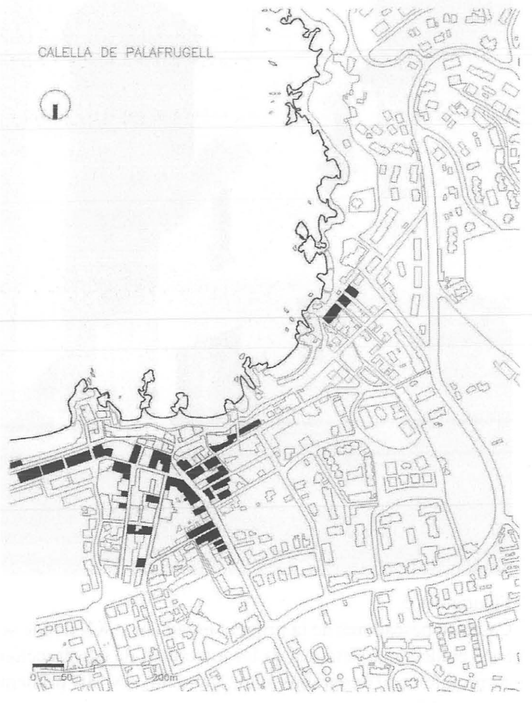


Figura 10
Núcleo urbano de Calella de Palafrugell, a mediados del siglo XX, con la presencia mayoritaria de las casas de pescadores (en negro) y su adaptación natural al lugar, las líneas en gris claro corresponden a la trama urbana actual (dibujo del autor)

de ser en la medida que interactivan permanentemente con una zona determinada del territorio en donde habitan. Por esto los materiales de proximidad y las tecnologías que de ella se derivan tienen una relación activa con el territorio, su climatología y sus características y costumbres.

Los valores culturales del territorio de discreción, sencillez, austeridad y simplicidad emanan de las casas de pescadores como manifestación del territorio discreto, sencillo, austero y simple que las acoge. El proceso de territorialización de la arquitectura tradicional es el resultado de la integración lenta y paulatina, a través de generaciones, del espacio construido al espacio territorial. Una integración que tiene en los materiales de proximidad uno de sus mayores lazos de unión.



Figuras 11
Núcleo urbano de la Atmetlla de Mar (dibujo del autor)

Conclusiones

Son cada vez más los arquitectos que, a partir de la segunda mitad del s. XX, buscan nuevos valores en la arquitectura moderna que los una a la realidad social del espacio y el tiempo cotidiano que viven sus conciudadanos. Una situación que necesita nuevas fuentes de inspiración que legitimizen una arquitectura más realista y orgánica. En este periodo Coderch, Harnden, Bombelli, Correa, Milá...interpretan la tradición arquitectónica local de los pueblos tradicionales y las casas de pescadores del litoral catalán con una mirada nueva[7].

Gracias a la influencia de los valores de las casas de pescadores tradicionales, surge (a partir de la segunda mitad del s. XX) una nueva manera de diseñar que centra el interés en unos espacios determinados definidos por unas funciones (sala de estar, cocina, chimenea, escalera...) y por unos elementos vitales (los materiales de proximidad...). Nace así una disposición de una gran fuerza funcional mediante una jerarquización de usos que centrifuga el resto de elementos y espacios más secundarios propia de las casas de pescadores construidos con materiales del lugar pero con un lenguaje moderno de inspiración neoplástica. De esta manera los volúmenes prismáticos, compactos y cerrados (característico de la arquitectura de la primera y segunda generación del movimiento moderno) evolucionan hacia formas arquitectónicas más abiertas, articuladas y diseminadas.

Estamos seguros que la superación de la idea de arquitectura moderna como espacio racionalista (físico, matemático, plástico, psicológico, funcional...) por una arquitectura como lugar (histórico, paisajístico, cualitativo, humano, simbólico...) se realiza gracias a la influencia de arquitecturas vernáculas en que predomina el concepto de lugar y de los materiales de proximidad. Por esto muchos de los arquitectos modernos que trabajan en el litoral catalana a partir de la segunda mitad del siglo XX (igual que los mejores profesionales de su generación: Lesie Martin, Reidy, Saarinen, Tange, Candilis, Soltan, Bakerma, Erskine, Ultzon, Barragán...) abandonan la estética de la máquina y trasladan a menudo la fuente de inspiración en la arquitectura vernácula y los valores de los materiales de proximidad como su mejor carta de presentación[8].

Notas

1. Este interés es debido a que, a partir de la década de 1950, se pasa de entender el funcionalismo arquitectó-

nico para unos ciudadanos universales, abstractos, sin atributos, sin caracterizaciones psicológicas, etc. a un funcionalismo para un ciudadano concreto, individual y único.
2. Este revisionismo local busca alternativas al espacio universal que diseña mayoritariamente el movimiento moderno en que la forma no sigue la función sino que es la función la que sigue una forma preestablecida.
3. Estas características las hemos obtenido después de dibujar y analizar las casas de pescadores de mediados del siglo XX de la costa catalana, des del pueblo de Portbou a las Casas Nuevas de Alcanar.
4. Los ejemplos de casas de pescadores tradicionales corresponden al estudio realizado, en el 1946, por el Ministerio de Gobernación español denominado *Plan Nacional de Mejoramiento de la Vivienda en los Poblados de Pescadores*. El criterio de selección de estos edificios se ha realizado con el objetivo de abarcar el mayor número de tipologías tradicionales según los materiales de proximidad utilizados en su construcción.
5. Tenemos bien documentadas las partidas presupuestarias (en las actas notariales sobre obras de mantenimiento, reforma y reconstrucción de edificios tradicionales) del transporte de materiales pétreos en carros. Encontramos diferentes trabajos destinados al transporte de piedras (sin jornales adicionales) y al arranque de piedras y su transporte (incluidos los jornales de arrancar y romper la piedra).
6. Cultura del lugar es el conjunto de tradiciones, de formas de vida y manera de estar en el lugar que facilita la vida de las personas y de los grupos sociales.
7. Por lo tanto el trabajo de estos arquitectos se aleja de cualquier propuesta universal y globalizadora. En este sentido encontramos una cierta relación con el nuevo enfoque del TEAM 10.
8. La radicalidad de la estética de esta corriente, de las vanguardias europeas, es uno de los medios más utilizados para encontrar posicionamientos formales validos sin caer en la copia de las formas folklóricas locales o bien en la abstracción maquinista del movimiento moderno más puro.

LISTA DE REFERENCIAS

AA.VV. 1946. *Las casas de pescadores del litoral catalán. Plan Nacional de Mejoramiento de la vivienda en los poblados de pescadores*. Madrid: Ministerio de Gobernación.

AA.VV. 1995. *La tradició moderna, 30' 40' 50'. Cataleg d'arquitectura de l'any 1930 al 1960 a la demarcació de Girona*. Girona, COAC.

AA.VV. 2012. *La casa vora mar. Evolució arquitectura i restauració*. Figueres: Brau edicions.

AMMB Archivo Museo Marítimo de Barcelona

Ferrater, José. 1995. *Diccionario de Filosofía*. Madrid: Alianza Editorial

Montaner, Josep Maria. 1997. *La modernidad superada. Arquitectura, arte y pensamiento del siglo XX*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili

Montaner, Josep Maria. 2002. *Después del movimiento moderno*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili

Rubert de Ventós, Xavier. 1998. *Crítica de la modernidad*. Barcelona: Anagrama

Solà Morales, Ignacio de. 1980. *Eclecticismo y Vanguardia. El caso de la arquitectura moderna en Catalunya*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

Soria, Enric. 1979. *Coderch de Sentmenat*. Barcelona: Editorial Blume.

Stangos, Nikos. 1987. *Conceptos de arte moderno*. Madrid: Editorial Alianza.

El entramado de madera del Upper Lawn Pavilion de Alison y Peter Smithson. Una interpretación moderna de técnicas tradicionales

Ana Rodríguez García

Alison y Peter Smithson (Reino Unido 1928-1993+1923-2003), miembros fundadores y significativos en Team X, inician su actividad profesional en un contexto internacional de posguerra y de revisión crítica del Movimiento Moderno. Durante los años cincuenta y sesenta desarrollan una parte significativa de su discurso teórico y obra, en diálogo con la tradición.

En este proceso, es fundamental Upper Lawn (1958-1962), su casa de fin de semana en el campo. Un pequeño pabellón, de madera, vidrio y aluminio, construido en gran medida por ellos mismos, en una casita rural medieval inglesa, un «cottage» del siglo XVIII con un recinto conformado por un muro de mampostería de piedra sobre el que se apoya (figura 1).

Conviven en igualdad y mostrando sus cualidades naturales, materiales industriales novedosos del momento junto a intencionadas preexistencias. Construcción moderna, construcción vernácula, y el dialogo entre ambas, que ha convertido Upper Lawn en uno de los iconos arquitectónicos de la segunda mitad del siglo XX, incluyéndose en 2011 en The National Heritage List for England (NHLE) del English Heritage (figura 2).

En la figura 1 Vista desde el borde de la carretera que muestra el antiguo muro exterior mantenido como cerramiento norte del enclave. Edificaciones afectadas por una Orden de Derribo cuando se compraron; no obstante, la calidad del hastial del extremo, sugería que en verdad pertenecía a la granja de Beckford. Cuando se vació la antigua chimenea, los restos de al menos dos conflictos entre conducto de humos / cubierta de paja / viga de madera sugerían que hubo una granja en este lugar, al menos desde el siglo XV, fecha del granero; foto B. Richards. Pascua 1959».

La comunicación profundiza en la materialidad construida de esta obra y en la investigación de los Smithson, todavía poco tratada desde el punto de vista de la historia de la construcción, centrándose en la estructura del pabellón, una construcción ligera de entramado de madera de pino tipo «balloon frame» con modificaciones.



Figura 1
Upper lawn desde el borde de la carretera (Smithson y Smithson 1986)



Figura 2
Upper lawn desde el camino con el Citroen ID 19.PS en 1962 (Smithson 2001, 239)

Se plantea como método de investigación un análisis constructivo comparativo entre el proyecto de los Smithson y las soluciones anglosajonas de entramado tradicional de madera tipo box-frame, y tipo balloon-frame, a partir de la documentación de Upper Lawn (planos originales del proyecto, fotografías y textos de los autores) y bibliografía específica sobre construcción tradicional con madera en Gran Bretaña y Estados Unidos, recogida al final del texto en la lista de referencias.

Es continuación y complementaria del texto titulado «Tradición y nuevos materiales. Los Smithson en Upper Lawn 1958-1962, un pabellón experimental sobre una granja inglesa del siglo XVIII», publicado en las Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, celebrado en Santiago en 2011, en el que se explica detalladamente la concepción general del proyecto y la construcción de la casa, centrándose en esa ocasión en las operaciones que se realizan en el muro de mampostería de piedra que delimita el recinto y sobre el que se apoya la estructura ligera de entramado de madera.

Se recomienda su lectura previa para tener una visión completa. No obstante se reproducen algunas partes para facilitar la comprensión del presente texto en su lectura independiente.

Upper Lawn es en palabras de los Smithson

> Una 'folly' que se implanta en los límites de los 'lawns' originales de la Folly de Beckford en Fonthill.
>
> Aquí basta decir que es un pabellón en un recinto, tratado en superficie mitad con pavimento 'as found' y mitad con pradera; un pabellón en el que disfrutar de las estaciones; un pabellón solar y primitivo, cuya fina piel forma un espacio nuevo en contraposición a los gruesos muros norte de fabrica de los cottages originales y sus terrenos del siglo XVIII y anteriores (Smithson 2001, 238).
>
> Pero todavía es una verdadera obra brutalista; es decir, los viejos muros, la madera, el acero inoxidable, la piel de aluminio, la madera de teca —todos los materiales— se han utilizado para que se pueda sentir su cualidad (Smithson 2001, 77).

Es una casa experimental, y en sus propias palabras

> Un edificio experimental donde poner a prueba algunos productos nuevos que aun no han sido permitidos por las autoridades de Londres.
>
> Para descubrir lo que es vivir todo el año en Inglaterra en una casa con fachadas de vidrio al sur, este y oeste y un muro macizo en casi toda la fachada norte (además de una cubierta aislada), es decir: verificar la afirmación de que puede obtenerse calor casi todo el año y de que este puede compensar las perdidas térmicas.
>
> Variaciones sobre el tema umbral/ventana en este escenario medio edificio-medio ruina (Smithson y Smithson 1986).

Un breve recorrido por las técnicas de muros de entramado de madera en Gran Bretaña y Estados Unidos

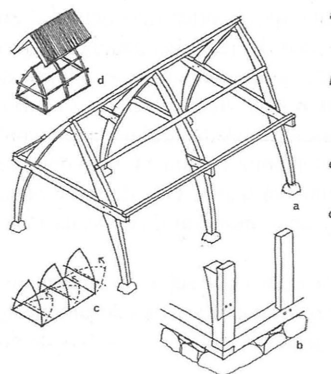
Muros de entramado de madera en Gran Bretaña. Los sistemas cruck-frame y box-frame.

Según Ronald Brunskill, autoridad en arquitectura vernácula británica, hay tres tipos principales de construcción de muros con entramado de madera que han sido utilizados en Europa. El primitivo sistema de troncos horizontales, en los que los muros componen de madera maciza apilada, una encima de otra y unidas en las esquinas; el sistema «post and plank» consistente en pesados tablones colocados entre pesados pies derechos; y el sistema de entramado de madera, en el que la estructura de madera se diferencia de las partes de cerramiento. Desde tiempos inmemoriales, no hay ejemplos de los dos primeros en Gran Bretaña, solo de entramado, construido casi in-

variablemente con madera. Son prácticamente inexistentes los ejemplos de construcción vernácula en los que se haya utilizado hierro.

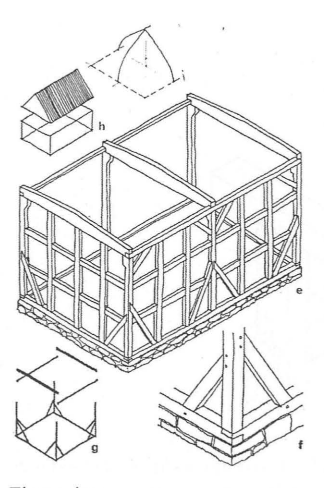
La construcción de entramado en Gran Bretaña puede ser de dos tipos: el sistema cruck-frame (figura 3) o el sistema box-frame (figura 4).

La diferencia estructural entre ambos sistemas, consiste en que en el primero, las cargas de la cubierta se transmiten directamente al terreno a través de los cruck inclinados y curvos, mientras que en el segundo se transmiten a muros de entramado. La existencia de formas hibridas y todo lo que significa apoyar una cubierta de madera sobre un



a. Diagram of cruck frame with two closed and one open truss.
b. Typical detail at corner showing cruck blade and wall post rising from a timber sill and stone plinth.
c. Rearing cruck trusses after assembly on the ground.
d. Roof covering in relation to cruck frame.

Figura 3
Sistema británico Cruck-frame (Brunskill [1971] 2000)



e. Diagram of box-frame two bays in length with posts and wall plates connected by tie beams and with a stud and rail infill wall.
f. Typical detail at corner showing post rising from a timber sill and supported by angle braces.
g. Diagram showing sequence of assembly.
h. Roof covering in relation to box-frame.
i. Half-cruck (end-cruck).

Figura 4
Sistema británico Box-frame (Brunskill [1971] 2000)

muro de cualquier material, tienden a oscurecer las diferencias entre ambas técnicas, pero son bastantes claras.

El proceso de la construcción también es radicalmente diferente en estas dos formas de entramado de madera. En la tipo cruck, los pórticos en forma de A, se montaban en el suelo y se izaban uno a uno a su posición vertical, de forma que la cumbrera, las correas laterales, y las soleras se colocan atando los pórticos. En las box-frame, en la mayoría de los casos, los soportes principales se izaban cada uno separadamente, con apeos temporales o con arriostramientos diagonales permanentes; a continuación, las carreras se colocaban sobre la parte superior de los pies derechos, y finalmente las vigas de atado o tirantes se colocaban en su posición, fijando simultáneamente pies derechos y carreras. Los pies derechos intermedios se colocaban pieza a pieza al mismo tiempo. Se daban algunas variaciones en esta práctica, como por ejemplo un mezcla de soportes y vigas de atado se elevaban un poco semejante a las tipo cruck, o también cuando un muro completo se montaba en el suelo y después se izaba, pero no era lo habitual.

Para identificar las juntas, se usaban marcas de carpintero, las cuales parecen haber variado con el tiempo y según los lugares. Estaban talladas y se basaban en series de números romanos o series de símbolos. A veces todas las juntas de cada cercha se marcaban por separado; alternativamente cada junta se le daba un numero correlativo desde un de los extremos del edificio hasta el otro. Probablemente ambos tipos se referían al orden de construcción.

El roble fue la madera predominantemente empleada en estructura, aunque el olmo y otras maderas blandas importadas fueron incrementando su uso.

Hubo una tendencia generalizada a usar madera más ligera según fueron mejorando las técnicas de carpintería, que posibilitaba madera adecuada de menor sección. En la tradición cruck-frame, esto condujo al empleo de piezas muy pobres y esbeltas, especialmente en las áreas muy aisladas donde las cerchas cruck eran auxiliares de otra construcción de carga. En la tradición box-frame, el desarrollo de la técnica condujo a la eliminación de la distinción entre soportes de carga y pies derechos no de carga, dando lugar a muros completos de piezas de aproximadamente la misma sección trabajando juntas de forma unitaria. Este desarrollo parece haberse producido primero en los muros de atado y los linderos,

extendiéndose después a los muros exteriores de edificios pequeños.

La posibilidad de maderas blandas en secciones uniformes y clavos baratos producidos de forma industrial, significo que las elaboradas juntas de las antiguas técnicas de entramado no fueran ya necesarias. Dos variaciones, la estructura de armazón y el balloon-frame, alcanzaron un uso universal en Estados Unidos en la segunda mitad del siglo XIX. La estructura de armazón, mantiene su uso de forma común en este país para construcciones modestas como garajes y cobertizos (Brunskill [1971] 2000).

Además del sistema cruck-frame y box-frame, el English Heritage en su libro de la colección «English Heritage. Practical Building Conservation» dedicado a la madera, introduce un tercer sistema el «post and truss frame», reseñando que la mayor parte de los edificios que han llegado hasta el presente son de este tipo, el cual consiste en que los muros de entramado, los elementos transversales y los elementos de la cubierta se combinan en una estructura integrada (McCaig y Ridout 2012).

David Yeomans, en su libro «The repair of historic timber structures» insiste en que el box-frame es conceptualmente diferente del cruck-frame y no solo en el método de construcción. Aunque elementos transversales se pueden identificar, es fundamentalmente una estructura de muros de carga. Las carreras reciben el peso de la cubierta, que se soportan sobre el entramado de los muros bajo ellas. Se entiende el sistema por planos unitarios y plantea como habitual en este sistema ensamblar muros completos y levantarlos a su posición, uniéndolos entre sí con las vigas transversales del forjado y vigas de atado de la cubierta. El carpintero marcaría y fabricaría todos los entramados en el taller para ensamblarlos en la obra.

También detalla con claridad la forma de las uniones en este tipo de construcción, explicando la incidencia que tiene la pendiente de las cubiertas, originando empujes hacia el exterior en los muros que tienen que ser contrarrestados o atados. Richard Harris en 1989 señalaba que la diferencia entre los entramados ingleses y los del resto del continente estriba en la forma de atado de sus estructuras de cubierta. En Inglaterra, la viga de atado se conecta directamente a la carrera, resultando una unión compleja que incluye el soporte (figura 5). Por contraste, la carpintería continental une la viga de atado al soporte, evitando así una unión tan complicada (Yeomans 2003).

Otro aspecto a reseñar es la solución constructiva de volúmenes salientes en este sistema de entramado, frecuentemente asociada a edificios con más de dos

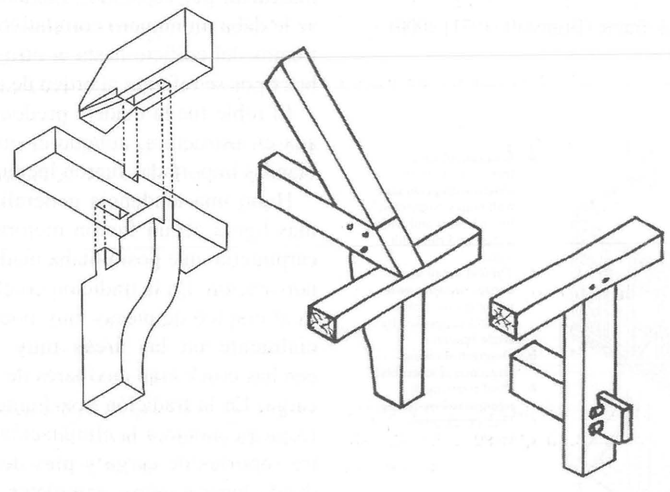


Figura 5
Centro y derecha, comparación de la forma de unión de las vigas de atado para contrarrestar los empujes de las cubiertas en Inglaterra y en el continente. Primera a la izquierda detalle de la complejidad de la unión de la viga de atado en el sistema ingles (Yeomans 2003)

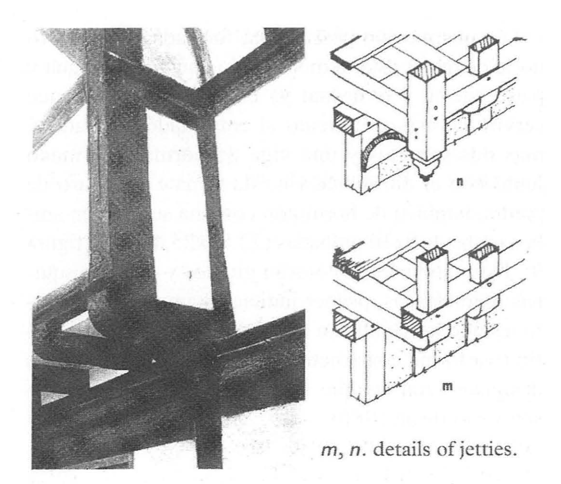


Figura 6
Detalles de voladizo en los volúmenes salientes en las plantas superiores (Brunskill [1971] 2000)

plantas. Cuando eran posibles grandes piezas de sección y longitud suficiente para abarcar toda la altura, no había problema aunque supusiera un coste considerable en madera. Pero debido a las limitaciones en los solares pequeños de las ciudades, y a la evidente ventaja de usar madera de menor longitud, se adoptó un tipo de construcción en voladizo (figura 6), que se extendió como una moda por la mayor parte del país, de forma que las vigas del forjado estaban voladas para servir de apoyo al muro de cada piso superior (Brunskill [1971] 2000).

El sistema balloon-frame americano

El concepto básico es la utilización de montantes «studs» que tienen la altura total del edificio, generalmente dos plantas, con las vigas del entrepiso sujetas en forma lateral a los montantes o pies derechos (figura 7).

Andrea Deplazes en su libro «Constructing Architecture. Materials Processes Structures. A Handbook» define el Balloon frame, entramado formado por pies derechos, como el sistema que se compone de pies derechos estrechos, canteados y de secciones normalizadas, con una medida básica de 2x8 pulgadas, unos 5x20 cm, y dispuestos con gran proximidad. Para conseguir piezas de mayor sección, se unen dos o más elementos de la misma sección.

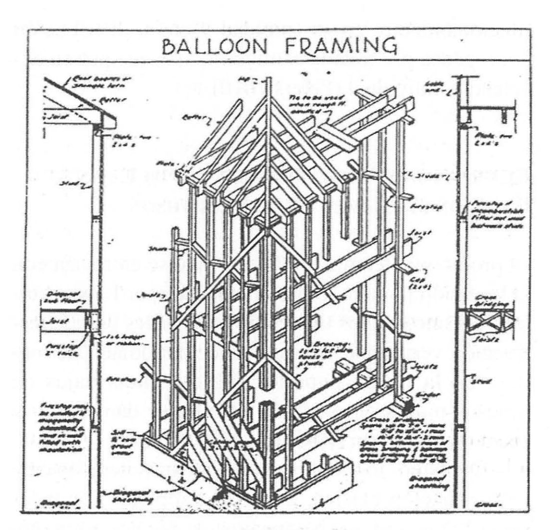


Figura 7
Sistema americano Balloon-frame (Araújo y Seco 1986)

Establece una equivalencia con el sistema europeo de entramado formado por pies derechos, en el que estos también están canteados y se colocan muy próximos recorriendo el mismo elemento las dos plantas. Las diferencias consisten en una menor normalización del sistema en Europa, y que en este las uniones no son clavadas, sino unidas mediante ensambles con espigas (Deplazes 2005).

Merece la pena poner en valor la importancia de esta diferencia, que aunque pudiera parecer menor, refleja en realidad dos filosofías constructivas completamente distintas. Mientras que en los sistemas europeos, cada unión se resuelve sin clavos, depuradamente y funciona independiente de las otras, en los sistema americanos el clavo se emplea en grandes cantidades y se distribuye por igual en toda la estructura, lo que Tom Peters llama «estadísticamente», empleando también la expresión «un clavo no es solo un clavo», cita de Heinz Ronner del ETH de Zurich que acuño este eslogan pedagógico para exagerar las propiedades estadísticas, como opuestas a las cualitativas, de las uniones clavadas.

En esta técnica realizada por personal no necesariamente muy especializado, y en la que no se requiere una buena ejecución ya que no queda nunca vista, el clavo es un conector «democratico» mas que «autocrático» y su éxito se basa en el «consenso» de

funcionamiento, en su cantidad y en su distribución homogénea por toda la estructura, más que por su excelencia individual (Peters 2010).

El entramado de madera del Upper Lawn Pavilion de Alison y Peter Smithson

El propio planteamiento de proyecto se entrelaza con la tradición popular y con la culta. Upper Lawn reinterpreta unos de los tipos más universales de la construcción vernácula. Estructuras de entramado de madera en la planta superior sobre plantas bajas de gruesos muros de piedra o ladrillo, se dan dentro y fuera de Inglaterra (Rodríguez 2011).

Así mismo, los Smithson explicitan reiteradamente su inclinación clásica. Estudian templos y ciudades griegas con grandes basamentos de piedra, estereotómicos, sobre los que apoyan construcciones tectónicas, adinteladas, con columnas (letra cursiva en el original) «Estudiamos los templos dóricos, desde los primeros —*el Argive Heraeum*— hasta los tardíos *Nemea* y las ciudades griegas» (Spellman y Unglaub 2004, 18).

En la estructura del pabellón conviven construcción pesada y ligera (figura 8).

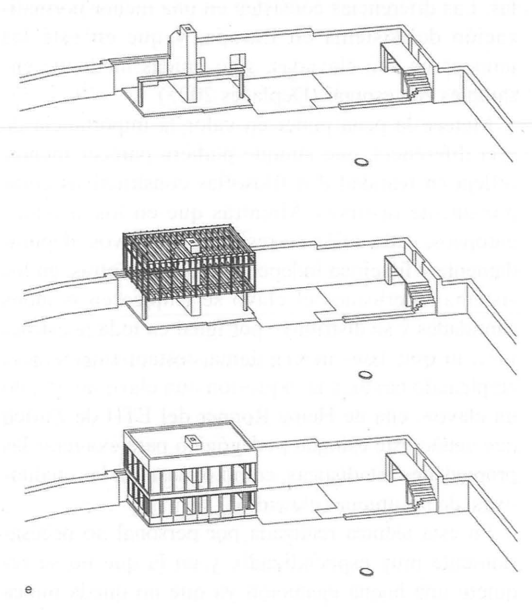


Figura 8
Upper Lawn. Esquemas del proceso (Krucker 2002)

La construcción pesada está formada por el muro norte de mampostería modificado con parte antigua y parte nueva, y el hastial ya existente recortado que servirá de arriostramiento al entramado de madera, mas dos soportes y una viga de hormigón armado junto con el durmiente/viga de remate del muro de piedra, también de hormigón con una sección en ambos casos de 9x10 pulgadas (22,86x25,40 cm) (figura 9). Estos soportes se colocan girados y con las esquinas redondeadas, primer indicio de un tipo de superficies que los Smithson desarrollan y alcanzan su definitiva forma constructiva en The Economist y a las designan «con las que se puede uno rozar» (Smithson y Smithson 1986).

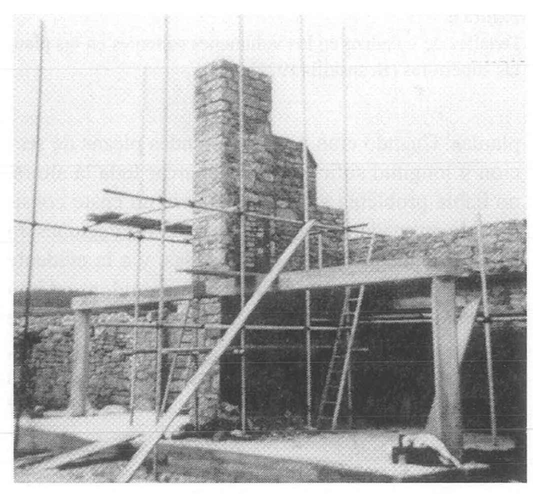


Figura 9
El pabellón en construcción. Construcción pesada (Smithson y Smithson 1986)

En ellos se apoya, en voladizo y liberando la planta baja, una construcción ligera de entramado de madera de pino tipo «ballon frame» ensamblada con espigas de madera. Esta compuesta por 26 soportes 4 x3 pulgadas de sección (40,16x7,62 cm) todos dispuestos longitudinalmente con la dirección norte-sur. 10 en el lado sur, 8 en el norte, y 4 en las caras este y oeste. Al exterior se protegen con tabla de madera de teka de secciones 5x1 pulgada al norte-sur y 7x1 pulgadas al este-oeste, que a su vez rematan los encuentros de la estructura con los vidrios (figura 10).

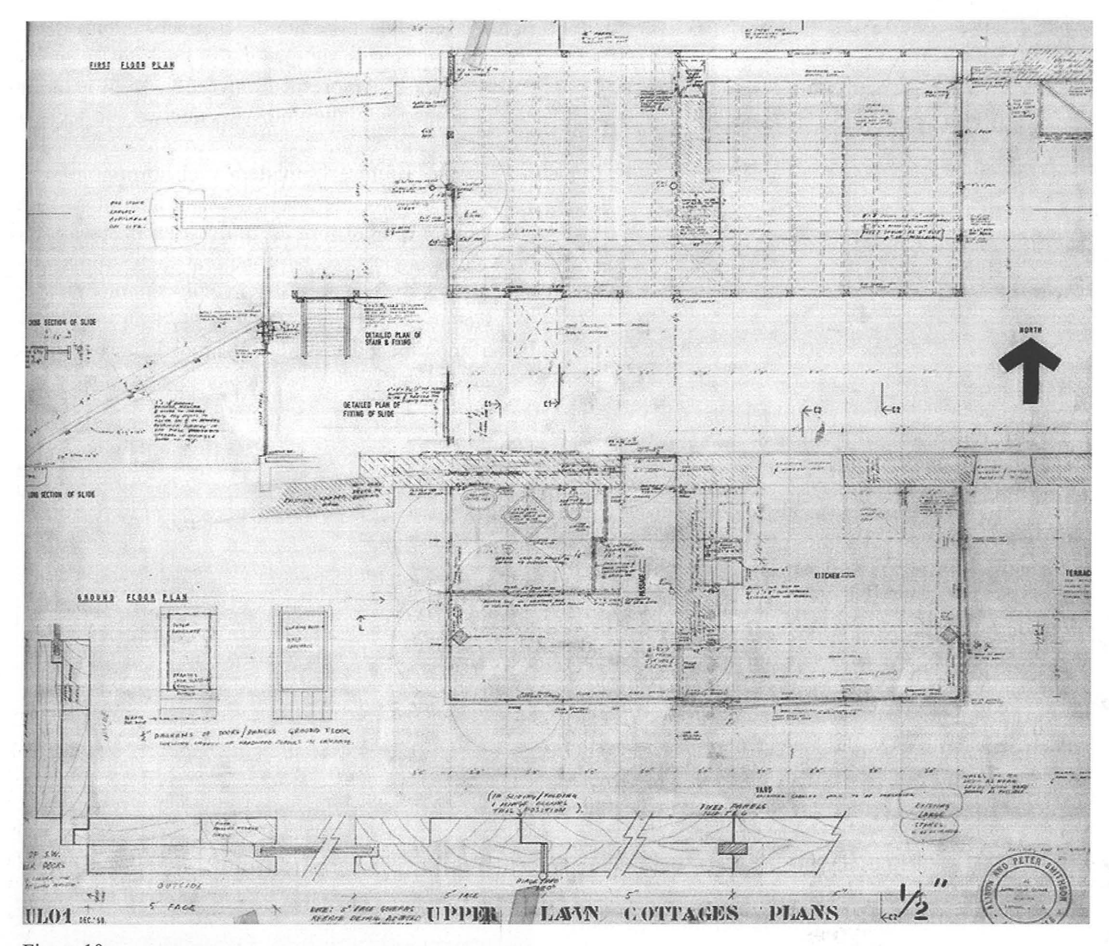


Figura 10
Upper Lawn. Plano UL01 del proyecto (Van den Heuvel y Risselad 2004)

La disposición en planta está basada en un modulo de 3 pies (91,44 cm) que se repite sistemáticamente en todas las distancias a ejes entre montantes. Las caras norte y sur se conforman con 9 módulos y una longitud total de 8,22 m. En la norte, aunque se eliminan dos soportes para obtener los dos huecos mayores de los ventanales principales, se sigue manteniendo dicha modulación, con dos longitudes de 6 pies a ejes de montantes consecutivos.

Los lados perpendiculares están formados por 4 módulos (3,65 m) mas la única distancia ajena al sistema, que no se acota en los planos del proyecto, ya que viene dada por el espesor del muro de fábrica existente sobre el que se apoya (figura 11).

Las viguetas del forjado inferior tienen una sección de 9x3 pulgadas (22,86x7,62 cm) y las del forjado de cubierta de 6x2 pulgadas (15,24x5,08 cm).

Se disponen con una cara adosada a la cara interior del pie derecho, sucesivamente en cada soporte como criterio general, de forma que su distancia a ejes se mantiene en 3 pies. En cada vano entre soportes se dispone otra vigueta en el punto medio. Al llegar al extremo opuesto y en las variaciones producidas por el hueco de la escalera y la chimenea preexistente, la vigueta correspondiente se adosa a la otra cara del soporte, pero manteniendo en todos los casos el criterio del sistema planteado.



Figura 11
Upper Lawn en agosto de 2010.Variacion en el modulo coincidente con el espesor del muro de mampostería de piedra (foto de la autora)

En el contacto con la fabrica de la chimenea, el espacio que se genera entre el sistema modular y las dimensiones de esta, se solventa duplicando la vigueta con la doble intención de permitir puntualmente el paso de las instalaciones de la estancia superior y mejorar la unión con la fabrica que a su vez arrostra el sistema.

La intención y filosofía geométrica modular del sistema se definió con independencia de la sección estructural de los elementos de madera del entramado, como se puede comprobar en las repetidas anotaciones de los planos referidas a que las secciones de las vigas de madera están bien acotadas pero dibujadas más pequeñas, sin escala.

El canto del durmiente, remate del muro de fabrica, y la viga de hormigón sobre los que se apoyan las viguetas de de madera, establecen en sus caras inferiores la cota hasta la que descuelgan los pies derechos del entramado de madera, el cual queda en las partes opacas, siempre oculto; recubierto al exterior con el acabado de aluminio y al interior con tablero contrachapado (figura 12).

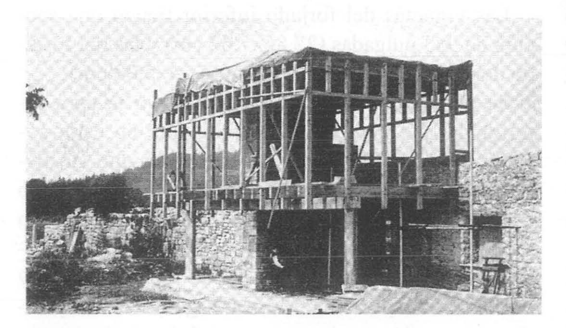


Figura 12
El pabellón en construcción. Construcción de ligera con entramado de madera (Smithson y Smithson 1986)

El contacto entre la madera y el hormigón en el apoyo, se cuida esmeradamente, con una interesante solución que incorpora embutidos en el hormigón unos perfiles elásticos para mejorar dicho apoyo (figura 13). También se colocan «bituminous DPC», abreviatura de damp-proof course, es decir una membrana impermeable para evitar humedades por capilaridad en la madera.

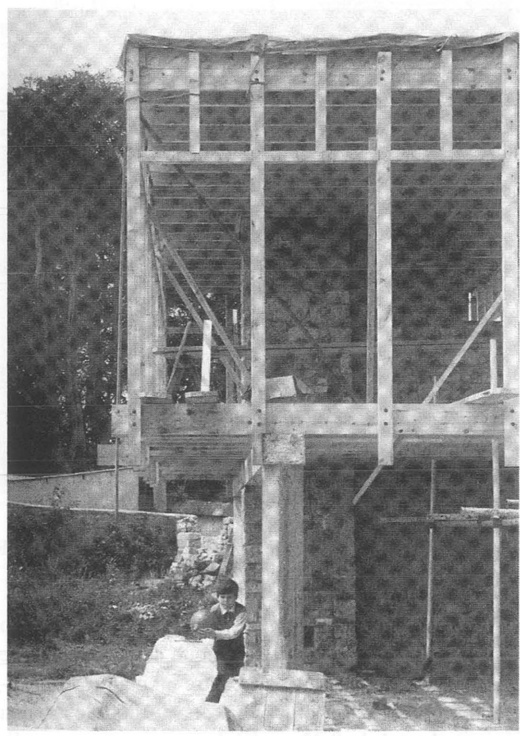


Figura 13
El pabellón en construcción. Detalles del apoyo del entramado de madera sobre la viga de hormigón armado. Simon Smithson jugando (Smithson y Smithson 1986)

Conclusiones

El Upper Lawn Pavilion de Alison y Peter Smithson, como ya se ha mencionado se incorporó en 2011 al

The National Heritage List for England (NHLE) del English Heritage, que define el pequeño pabellón de entramado madera textualmente como «a timber American Balloon-frame», acepción también publicada en otros textos como una estructura basada en el balloon frame, o simplemente de balloon frame.

Ellos mismos la explican como

> Para experimentar en nosotros mismos ciertas aplicaciones y conjunciones de materiales que, si resultan acertadas, utilizaremos más adelante en los edificios de nuestros clientes, por ejemplo: recubrimiento de hojas de aluminio muy puro; puertas interiores y exteriores de madera contrachapada revestida de aluminio; aislamiento de poliestireno en muros y cubierta; conectores de madera para una típica estructura americana de «balloon frame» (Smithson y Smithson 1986).

Así, la principal referencia es el ballon-frame americano, con una serie de características propias de este sistema y que consisten en que todos los soportes tienen la misma sección con medidas normalizadas, están canteados, y funcionan como un paño completo. Los pies derechos son continuos en toda su altura y se unen con las vigas por contacto entre caras.

Sin embargo mientras que en la técnica americana los soportes, apoyados en un durmiente sobre un pequeño zócalo sobre el suelo, son los que sustentan las viguetas de los forjados, en Upper Lawn se producen situaciones diferentes.

Los montantes de la estructura solo soportan las viguetas del forjado de cubierta junto con un sistema de divisiones menores que además de permitir oscurecer la parte superior del paño, permite sustentar las viguetas intermedias del forjado superior, colocadas en el vano entre cada par de soportes. A su vez y a diferencia del balloon-frame, en el lado sur los pies derechos se sustentan en el borde del voladizo de las vigas del forjado inferior, que a su vez apoyan en la viga de hormigón (figura 14).

Tampoco se pueden obviar las técnicas vernáculas que existen en Gran Bretaña y ya explicadas, especialmente la de box-frame, con una estructura de caja formada por muros entramados, autoportante y totalmente diferenciada de la estructura de la estructura de la cubierta que se superpone, porque las soluciones de Upper Lawn, también tienen relación con el sistema tradicional para la planta superior de una box-frame con cuerpos volados y sin cubierta inclinada.

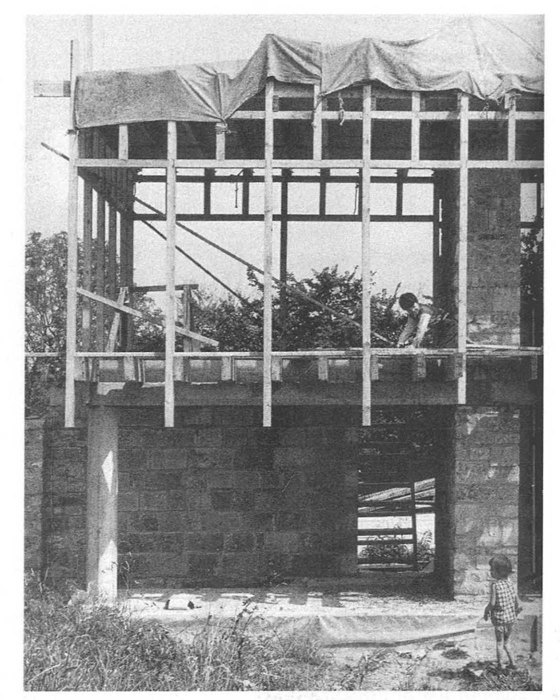


Figura 14
El pabellón en construcción. Detalles del entramado de madera. Simon Smithson jugando (Smithson y Smithson 1986)

Otra diferencia conceptual muy relevante es la decisión de hacer las uniones con espigas (figura 15), en vez de con clavos como en el balloon frame tradicional. ¿Por qué elegir esta opción, si la clavada es más sencilla y económica de construir, y más teniendo en cuenta que esta casa la construyeron con pocos medios, en gran medida ellos mismos y estas uniones no quedan nunca vistas?

Mientras que la influencia de las distintas técnicas tradicionales de entramado esta intencionadamente presente con independencia de su procedencia geográfica, la cultura tectónica en la que se enmarca esta construcción es claramente europea. Según Tom Peters, este enfoque en el que cada unión se realiza con calidad y puede funcionar por si misma e independiente de cualquier otra, es un enfoque muy diferente al americano, y tiene su origen en la tradición de la estática analítica del siglo XIX. «Una vez se ha descompuesto el todo en sus partes, son las uniones entre estas partes las que se consideran que dan continuidad estructural al sistema» (Peters 2010).



Figura 15
El pabellón en construcción. Detalles del entramado de madera. Encuentro de las viguetas del forjado de cubierta con los pies derechos (Smithson y Smithson 1986)

Tampoco hay que olvidar, que en Europa la no existencia de clavos industriales en las soluciones anteriores al XIX, obligaba a depuradas técnicas de ensamblaje de tradición centenaria, que conceptualmente son la base profundamente enraizada de nuestra cultura tectónica, y subyace en la solución dada por los Smithson.

Las referencias a los sistemas de entramado de madera tradicionales son evidentes, pero no de una manera localista o historicista. Se plantean como una referencia en la investigación de nuevas soluciones en una construcción que tuvo mucho de experimental, utilizando sistemas modernos normalizados, y enriqueciéndolos con matices que reinterpretan los antiguos, independientemente del área geográfica de la que proceda el sistema constructivo.

Hay elementos americanos y locales, tiene relación con ambos pero no se parece a ninguno.

Se evidencia un interés por la cultura técnica y constructiva preindustrial y artesanal, como fuente de aprendizaje, incorporando matices que se hibridan de forma natural y refinadamente con los sistemas industriales modernos, resultando Upper Lawn un brillante ejemplo de esta fusión.

Lista de referencias

Allison, Peter. 2005. «Upper Lawn: la restauración invisible. Conversación con Sergison Bates. Upper Lawn: the invisible restoration. A conversation with Sergison Bates». *2G nº34*, 92-105. Barcelona: Gustavo Gili.

Araujo, Ramón y Enrique Seco. 1986. *La casa en serie*. Madrid: Departamento de Publicaciones ETSAM.

Brunskill, R. W. [1971] 2000. *Vernacular Architecture. An Illustrated Handbook*. London: Faber and Faber Limited.

Brunskill, R. W. [1997] 2008. *Houses and Cottages of Britain. Origins and Development of Traditional Buildings*. Yale University Press in association with Peter Crawley.

Deplazes, Andrea. 2005. *Constructing Architecture. Materials Processes Structures. A Handbook*. Basel: Birkhäuser (edición española *Construir la Arquitectura. Del material en bruto al edificio. Un Manual*. 2010. Barcelona: Gustavo Gili).

Krucker, Bruno. 2002. *Complex Ordinariness. The Upper Lawn Pavilion by Alison and Peter Simthson*. Zurich, gta Verlag, ETH.

McCaig, Iain and Brian Ridout. 2012. *Timber. English Heritage Practical Building*. Conservation. Ashgate Publishing and English Heritage.

Peters, Tom F. 2010. «Una cultura americana de la construcción». *Geometría y Proporción de las Estructuras, Ensayos en honor de Ricardo Aroca*. S. Huerta et al (ed) 359-373. Madrid.: Lampreave.

Rodríguez, Ana. 2011. «Tradición y nuevos materiales. Los Smithson en Upper Lawn 1958-1962, un pabellón experimental sobre una granja inglesa del siglo XVIII». *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago 26-29 octubre 2011*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Smithson, Alison and Peter Smithson. 1973. *Without Rhetoric. An Architectural Aesthetic 1955-1972*. Londres: Latimer New Dimensions.

Smithson, Alison and Peter Smithson. 1986. *Upper Lawn; Folly Solar Pavilion*. Barcelona: Edicions de la Universitat Politécnica de Catalunya UPC.

Smithson, Alison and Peter Smithson. 1990. «The "as found» and the "found"». *The independent Group: Postwar Britain and the aesthetics of plenty*. Robbins, David (ed.). Massachusetts: The MIT Press. Traducción de Martín Schifino.

Smithson, Peter. 2001. *The Charged void: Architecture. Alison y Peter Smithson*. New York: The Monacelli Press.

Spellman, Catherine y Kart Unglaub. 2004. *Peter Smithson. Conversaciones con estudiantes. Un espacio para nuestra generación*. Barcelona: Gustavo Gili.

Van den Heuvel, Dirk and Max Risselada. 2004. *Alison and Meter Smithson - from the House of the Future to a house of today*. Rotterdam: 010 Publishers.

Yeomans, David. 2003. *The repair of historic timber structures*. London: Thomas Telford Publishing

El mecenazgo constructivo de los marqueses de Priego a principios del siglo XVI. La obra y fábrica del Hospital de la Encarnación de Montilla (1512-1525)

Raúl Romero Medina

A fines de la Edad Media, el señorío de la Casa de Aguilar comprendía un vasto territorio extendido básicamente en la Campiña del reino de Córdoba, exceptuando dos villas, Priego y Carcabuey, situadas en la Subbética.Su amplio estadolo conformaban las villas de Aguilar, Cañete de las Torres, Monturque, Puente Genil, Castro del Río, Villafranca, La Rambla, Espejo, Montalbán y Montilla (Quintanilla Raso 1979).Esta Casa formada por la línea mayor de los Córdoba[1], también llamados Fernández de Córdoba (Soria Mesa 2003), al descender de Fernando Muñoz de Temes[2], fue en origen denominada de Aguilar, por haber recibido en 1370 el señorío cordobés de Aguilar de la Frontera, aunque posteriormente se la denominó Casa de Priego, al obtener en 1501 la dignidad marquesal para la villa cabeza de sus Estados, Priego de Córdoba[3].

De todas las ciudades del marquesado, Montilla adquirirá un papel decisivo convirtiéndose no sólo en el centro del señorío de Aguilar, sino incluso llegando a suplantar a esta villa. Incorporada a los dominios de los Fernández de Córdoba el 30 de agosto de 1375, mediante canje entre don Gonzalo Fernández de Córdoba y Lope Gutiérrez, quien la había conseguido por donación regia de 10 de septiembre de 1371[4], la villa experimentará un fuerte crecimiento que se tradujo en un aumento paulatino de su población. Así las cosas,Montilla enfrenta la Edad Moderna con un registro de 1.166 vecinos, es decir, 5.247 habitantes, según los datos de 1530, un aumento poblacional considerable si lo comparamos con los 402 vecinos registrados a principios del siglo XV (Quintanilla Raso 1979, 226).

Con esta próspera coyuntura era de esperar que sus señores jurisdiccionales, los Fernández de Córdoba, comenzaran un programa constructivo destinado al ennoblecimiento de la villa. Aunque se conocen muy pocos datos sobre su estructura urbana medieval, apenas restos de murallas y torres de su castillo, su trama debió verse considerablemente alterada con la nueva política para hacer de Montilla una ciudad de corte «aristocrático». Como se ha comprobado en otros casos, se trataba de visualizar el poder y el ascenso social a través de la práctica arquitectónica, o sea, del mecenazgo constructivo (Alegre Carvajal 2004; Romero Medina 2007 y 2009).Este era uno de los mejores ejemplos de magnificencia, es decir, de esa nueva actitud, puesta en práctica por la nobleza a caballo entre el mundo medieval y moderno, tras la que se esconde un concepto filosófico asociado a ciertas virtudes inherentes al linaje. Sin duda, la arquitectura por su carácter monumental y propagandístico posibilitaba la imagen de magnificencia y distinción social dentro de la nueva política representativa diseñada por los Reyes Católicos (Diez del Corral 1992; Ruiz Alonso 2012).

La fundación del Hospital

El Hospital de la Encarnación de Montilla es la primera fundación religiosa de la que se tiene noticia en la villa cordobesa(Morte Molina 1888, 91). El 28 de fe-

brero de 1512 doña Elvira Enríquez de Luna, hija del señor de Orce y nieta del II Almirante de Castilla, mandaba en su testamento, protocolizado ante Alonso de Córdoba,fundar una iglesia y un hospital bajo la advocación de Nuestra Señora de la Encarnación[5]. Así, fijaba la representación del Patronato en la persona de su marido, don Pedro Fernández de Córdoba (1477-1517), I marqués de Priego (1501-1517), y sus sucesores. Dedicada a la labor asistencial en favor de los pobres, transeúntes sin recursos y expósitos, esta «res publica» estuvo en manos de la Cofradía de la Santa Caridad de Jesucristo[6] desde su fundación hasta 1664, fecha en la que se fusionó con la Orden de Hermanos Hospitalarios de San Juan de Diosbajo el título de Hospital de los Remedios. A partir de esos momentos, el patronato recae en la figura del VII marqués de Priego (1665-1690), don Luis Mauricio Fernández de Córdoba y Figueroa (1650-1690), y sus sucesores.

Las gestiones para la fundación del hospital se hicieron con bastante premura y la primera decisión que se tomó fue la de ubicar las instalaciones del hospital y la iglesia en un mismo edificio bajo la advocación de Santa María de la Encarnación[7]. Transcurría el verano de 1512 y don Pedro dispuso la compra de tres casas,«situadas en la puerta de Aguilar» en la calle de la Corredera,por un valor de 30.000 maravedíes[8]. Se tiene constancia que el 1 de julio de 1512 el mayordomo de la obra tomaba posesión efectiva de las casas.

Aunque la institución se organizó muy pronto, don Pedro nombró a Pedro Jiménez como mayordomo, a Francisco Ruiz como procurador y al prior del monasterio de Valparaíso de Córdoba como visitador, los recursos de la fábrica no debieron ser suficientes para iniciar la obra. Por ello, es de imaginar que la asistencia hospitalaria se iniciara en dependencias habilitadas en las casas compradas en las que se ubicaron ciertas camas. Ciertamente el marqués no vería iniciarse la obra. Como veremos, las obras comenzaron en 1517, aunque el proceso constructivo más fuerte se prolongó entre 1519 y 1525, a juzgar por los datos que ofrece el único cuadernillo de cargo y data conservado en la sección Priego del Archivo Ducal de Medinaceli[9].

Los patronos de la obra

Como hemos señalado, en 1501 el linaje de los Fernández de Córdoba, vinculado al alguacilazgo y alcaldía de Córdoba, obtuvo por sus servicios a la Corona el marquesado de Priego. Por entonces, la titularidad de la Casa recaía en don Pedro Fernández de Córdoba un hombre que a pesar de su desgraciado destino político, estuvo desterrado en Valencia entre 1509-1510 por su conducta en ciertos acontecimientos locales (Quintanilla Raso 1979, 150-152), hizo alarde de una especial sensibilidad hacia la cultura. Dotado de una sólida formación intelectual, discípulo delmilanés Pedro Mártir de Anglería yamigo del escritor Ambrosio de Morales, fue poseedorde una magnífica biblioteca de 309 volúmenescompuesta por importantes ejemplares firmados por humanistas contemporáneos (Quintanilla Raso 1980). Aunque adolecemos de un estudio de conjunto de este prócer se puede afirmar, no obstante, que fue el primer miembro del linaje que tuvo una mentalidad «moderna» muy cercana a la actitud que desempeñaron otros miembros de esclarecidos linajes castellanos como imagen de magnificencia.

Casado con doña Elvira Enríquez de Luna, prima de Fernando el Católico, la cual aportó como dote al matrimonio ocho millones de maravedíes[10], el marqués de Priego se hizo cargo de la fundación y obra del hospital de la Encarnación para cumplir las cláusulas del testamento de su mujer. Como veremos, don Pedro fallece en 1517 sin ver el comienzo de la obra y fue su hija, doña Catalina Fernández de Córdoba (1495-1569), II marquesa de Priego (1517-1569), la que, ayudada del mayordomo de fábrica y los albaceas testamentarios, inicia yconcluye la construcción de esta fundación asistencial.

La labor como mecenas constructivo del I marqués de Priego fue significativa pues, además, se tiene noticia de otras fundaciones como el monasterio franciscano de San Lorenzo[11], el convento franciscano de Santa Clara o la construcción de su palacio en Montilla. Asimismo, algunos historiadores le atribuyen la fundación del monasterio franciscano de San Esteban en la villa de Priego de Córdoba (Fernández de Bethencourt 2003). Como vemos fue total el apoyo de don Pedro Fernández de Córdoba a la reformada Orden de San Francisco en su vertiente masculina y femenina, como lo hicieron otras familias nobles castellanas. Don Pedro puso en práctica el uso de signos de distinción social, como la arquitectura, que utilizó como arma de exhibición pública y visualización del poder.

Por otro lado, existen datos para afirmar que don Pedro manifestó un gusto particular por las obras «al

romano»procedentes de restos arqueológicos de la antigüedad. Así lo afirma Fernández de Córdoba cuando señala que al marqués le gustaba contemplar «algunas antigüedades que en inscripciones y estatuas se habían descubierto»(Fernández de Córdoba 1954 a 1972, 157-158). Algunas fueron compradas, como las adquiridas en Porcuna por valor de 4.000 maravedíes. Así, logró reunir una importante colección de mármoles de los que se tiene noticia por el inventario de bienes del castillo de Cañete, fechado en la Rambla a 14 de agosto de 1518. En el mismo se localizan 40 mármoles con sus basas valorados en 139.875 maravedíes[12].

En su inventario post mortem de 1518 se constata un importante tesoro de plata, joyas, guadamecíes y tapices, suponemos de procedencia flamenca, como los diez paños de la historia de José, valorados en 122.500 maravedíes, o los cuatro paños de la historia de Alejandro, valorados en 31.500 maravedíes (Quintanilla Raso 1979, 325).

Aunque el marqués nunca hubiese viajado a Italia, ni siquiera traspasado las fronteras de la península Ibérica, sólo su biblioteca, el gusto por adquirir ciertas obras «al romano»y la colección de tapices flamencos, es argumento suficiente para rebatir las hipótesis de ciertos autores[13] que no consideran en don Pedro la existencia de usos artísticos y sociales en relación con el coleccionismo renacentista.

La dotación económica de la fábrica

Tras la muerte de doña Elvira Enríquez de Luna, su albacea testamentario, el prior del monasterio de San Jerónimo de Sevilla, y su marido como patrono, don Pedro Fernández de Córdoba, comenzaron las gestiones para la dotación económica de la fundación. Así las cosas, el 1 de junio de 1512 se fija la renta que iba a ser destinada anualmente, una cifra que ascendía a la cantidad de 33.000 maravedíes[14]. El mayordomo Pedro Jiménez recibía esta cantidad recaudada de la siguiente manera: 10.000 maravedíes procedentes de las tiendas situadas en la plaza de la villa de Aguilar y que iban destinadas a la manutención del capellán; 8.000 maravedíes de las tenerías y 4.000 maravedíes del horno de pan nuevode la misma villa cordobesa; 8.000 maravedíes del horno de pan del camino de Sotollón, de Montilla y 3.000 maravedíes grabados sobre la renta del tinte de esta última villa[15].

Evidentemente hemos de suponer que estos recursos se consumían en el pago anual de 3.000 maravedíes para el visitador del hospital, 10.000 maravedíes para el capellán y 20.000 maravedíes para la manutención de enfermos y peregrinos. Por ello para la realización de la obra se emplearon otros recursos la mayor parte procedentes de impuestos gravados sobre rentas del marquesado. Sabemos que la obra se inicia hacia 1517 justo después del fallecimiento de don Pedro.

Por el único cuadernillo de cargo y data conservado, en el que el mayordomo Juan de Moya recoge las cuentas del período de 1519 a 1525, podemos saber la procedencia de los recursos que se emplearon para la obra. Asimismo, como veremos, los gastos que dispensaron en el pago a maestros y oficiales implicados en ella. De acuerdo con los asientos efectuados, la obra se financió en parte gracias a la munificencia de su fundadora, doña Elvira Enríquez de Luna. El mayordomo testimonia como recibe de Diego de Castro, vecino de la villa de Montilla, doscientos mil maravedíes «que la señora marquesa que aya gloria mando para el dicho ospital y hermyta»[16]. De otro lado, gran parte de los recursos procedían de impuestos gravados sobre las rentas del trigo y la cebada. Junto a ello, existían ingresos extraordinarios procedentes de ventas de inmuebles que eran propiedad de la institución, así el mayordomo recibió de Pedro de Valles doce mil maravedíes «por rason del ospital de los onbres de montylla que se le vendió e remato en publica almoneda»[17], el 19 de enero de 1522. Finalmente, una parte importante de los ingresos procedían de la institución de capellanías con carácter perpetuo. Así, entre 1519 y 1525 se recibieron 97. 750 maravedíes por este concepto[18].

Aún así los recursos no fueron suficientes y por ello se pidió licencia al chantre y canónigo de la iglesia de Córdoba, Pedro Ponce de León, para que autorizase la venta de los antiguos hospitales y casas de Montilla ya que «eran muy pequeñas viejas y maltratadas y que en ellas ya no se acogen en ellas pobres algunos»[19]. Con fecha de 6 de enero de 1522 concedía licencia para que se pudiesen vender «y lo que por ellos dieren se conviertan y sean para el ospital que agora nuevamente se haze»[20].

La obra: maestros y oficiales

Como ya hemos apuntado, la obra del hospital se llevó a cabo entre 1517 y 1525. Fue en esta última fe-

cha cuando se consagró la obra, pues la documentación recoge los pagos de 8 reales al provisor y 750 maravedíes al obispo Barrionuevo[21] por el viaje que ambos hicieron a Montilla para bendecirel hospital[22].

De esa primitiva fábrica construida nada ha llegado hasta nosotros. En 1555, la nieta de la fundadora, la II marquesa de Priego, doña Catalina Fernández de Córdoba, consiguió autorización de la Santa Sede para que la Compañía de Jesús se instalara en Montilla y donólas dependencias del hospital a los jesuitascon el compromiso firme de construir una nueva sede para el hospital junto a la ermita de Santa Catalina. Las dependencias del hospital fueron ampliadas para cumplir el nuevo fin, tal y como se constata por la compra de casas[23], y derruidas por las obras que se acometieron en el siglo XVIII, momento en que la Compañía decide construirse una nueva y amplia iglesia.

La construcción de todo el hospital y su iglesia se realizó siguiendo el sistema de contratación por subasta o remate, adjudicándose la obra al maestro Francisco Hernández Portichuelo, vecino de Córdoba, pues fue el que hizo baja, es decir, presentó la postura más barata. Sin embargo, hubo partes de la obra que fueron apreciados por maestros en el oficio como lo prueban los 7.440 maravedíes que recibió «por razon de la escalera principal que hiso e del poso e brocal e un adoquín e el campanario lo qual se apreçio por maestros porque esta obra no entro en su destajo»[24].

No conocemos nada sobre la trayectoria profesional de este maestro de cantería,pero podemos situarlo en torno al círculo del maestro Hernán Ruiz I «el Viejo». Hijo a su vez del cantero Gonzalo Rodríguez y padre del arquitecto Hernán Ruiz II «el Joven»(1514-1569), fue un importante maestro que llegó a ocupar los cargos de maestro mayor de la Catedral de Córdoba, entre 1523 y 1547, año este último en el que falleció, además de maestro del Concejo de la ciudad califal. Así las cosas, pensamos que no por casualidad Hernán Ruiz «el Viejo» acudió a Montilla dos días para tasar la obra realizada por el citado maestro; visita por la que se le abonó 408 maravedíes[25]. En cualquier caso el maestro Francisco Hernández Portichuelo fue el máximo responsable de obra de cantería como lo testimonian las cartas de albalá conservadas de enero y junio de 1522 por las que recibió 10.375 y 14.000 maravedíes respectivamente[26].

Respecto a la obra de carpintería ésta se remató en Francisco de Mena quien hizo una puja por valor de 24.000 maravedíes. El maestro recibió la mitad del pago el 22 de junio de 1522 y el resto en cartas de albalá posteriores[27]. De acuerdo con los datos que ofrece el libro de fábrica, hemos de suponer que fue el encargado de realizar fundamentalmente las cimbras y andamios para la obra, junto a otros servicios.El mayordomo asienta varios pagos por la compra de pinos y chillas, cortes de menor escuadría o tablas pequeñas, que se traían de Córdoba. Junto a él aparece Francisco Hernández Bolaños a quien se le pagan 2.000 maravedíes «por ciertas cosas que hiso de su ofiçio en el dicho ospital que no era del destajo»[28], trabajos que fueron apreciados a vista de oficiales.

La documentación recoge, asimismo, el nombre de otros maestros implicados en la obra como el caso de Hernán Ruiz I ya señalado, los cinco oficiales que acudieron a tasar la obra, Mestre Antonio que cobró 2 reales por el día que se ocupó «en tasar los menoscabos de la obra» o Juan de Córdoba que por haber fallecido se le pagó el importe de 2.000 maravedíes a sus albaceas testamentarios porque «entendio en esta dicha obra»[29].

Los asientos de fábrica señalan la compra de otros servicios muy necesarios para la obra como la cal o la clavazón, ésta última proporcionada en su mayoría por el herrero Miguel Sánchez. Incluso se hace eco de otros aspectos menores como la compra de un mármol, de una campana o de un misal cordobés por el que se le pagó al clérigo Juan de Granada un ducado. Incluso pagos por obras menores como los 2.000 maravedíes que costó hacer «el portalejo junto a la cocina de los pobres»[30]

Apéndice Documental

Documento 1

1519-1525, Relación de los maravedíes que Juan de Moya, mayordomo del hospital de la Encarnación de Montilla, ha pagado en las obras de dicha casa. ADM. Sección Priego. Leg, 2, nº.20.

El ospital de Montylla
(calderón) relaçion de los maravedis que se gasto en la obra / del ospital de nuestra señora de la encarnaçion / de Montylla son los siguientes
(calderón) que se remato la dicha obra del ospital /

en Frañçisco Hernandez Portichuelo vecino de Cordoba / en el CXV dineros [?] de los quales tyene recibidos CXCIIII U DCCCLXXV
(calderón) que se dieron mas al dicho Francisco Hernandez siete myll / e quatroçientos e quarenta maravedis por razon de la escalera / principal que hiso e del poso e brocal e un / adoquín e el campanario lo qual se apreçio / por maestros porque esta obra no entro en su des- / tajo VII U CCCCXL
Carpinteria
(calderón) que se remato la obra de carpintería de / dicho ospital en Francisco de Mena carpintero / en veynte e quatro myll maravedis los quales se le pagaron XXIIII U
(calderón) que se dieron a Francisco Hernandez Bolannos carpintero / por ciertas cosas que hiso de su ofiçio en el dicho / ospital que no era del destajo dos myll maravedis / lo qual se apreçio por ofiçiales II U
(calderón) que se compraron quynse pinos en Cordoba para la / dicha obra e se truxeron a esta vylla a DCCCC cada / uno e de trayda a siete reales e medio que monto / diez e syete myll e tresyentos e veynte e çinco maravedis XVII U CCCXXV
CCXLV U DCXL
(calderón) que se compraron çiento e quarenta e dos / chyllas para la dicha obra a dos reales cada / una que montaron IX U DCLVI
(calderón) que costaron traer de Cordoba treynta pinos / que la señora marquesa mando dar / a siete reales e medio cada uno que montan VII U DCL
(calderón) mas que se gastaron en sacalos del cero / e pasallos donde se an servido CC ducados CCCLXXV
(calderón) que se compraron en Montylla ciento e seys / cahyses de cal para la dicha obra los quales reçibio / Francisco Hernandez Portichuelo a IX ducados el / cahis que montaron IX U DXL
(calderón) que se pagaron a Myguel Sanches herrero vecino de / Montylla de la clavazon que dio para la dicha / obra X U DCCC XXX rematada toda quenta
(calderón) que costo la clavazon de las puertas que se com- / pro en Cordoba çinco myll e quatroçientos e çinquenta / maravedis con levarlas a Montylla V U CCCCL
(calderón) que costo un marmol que se puso en el dicho / ospital syete reales CCXXXVIII
(calderón) çinco cerrojos con sus aldabas / seysçientos maravedis DC
(calderón) que se pagaron a çinco ofiçiales que vinieron / desde Cordoba a Montylla a ver las obras / en que se remataron a quatro reales cada uno que son veynte reales DCLXXX
CCXC U DCLIX
(calderón) que se compraron del contador Gonzalo de Cordoba / çinco pinos puestos en Montylla a / myll e çinco cada pino que montan V U D / que fueron nesçesarios para acabar la dicha obra
(calderón) que se compraron veynte cahises / de cal a XC el cahis I U DCCC
(calderón) que se compraron mas quarenta cahises de / cal para encalar toda la dicha casa a LXXX / el cahis que monta III U CC
(calderón) que di al provisor por / bendecir el ospital ocho reales LXXII
(calderón) que dieron al obispo Barrionuevo / dos ducados porque fue a Montylla a ben- / decir el dicho ospital DCCL
(calderón) que se compro una campana para el dicho / ospital con la trayda a Montylla costo / tres myll e cien maravedis III U C
(calderón) a mestre Antonyo dos reales porun dia que / se ocupo en tasar los menoscabos de la / obra LXVIII
(calderón) que se pagaron a Hernan Ruyz cantero vecino de / Cordoba por dos dias que estuvo en Montylla / tasando la dicha obra doze reales CCCCVIII
(calderón) que se hiso un portalejo en el ospital de linde / la cozina de los pobres costo myl maravedis
(calderón) que se dieron a los herederos e albaçeas de / Juan de Cordoba que entendió en esta obra dos / myll maravedis IIU
(calderón) que se compro un misal cordobes para el dicho / ospital que se encargo a Juan de Granada clérigo un ducado XXXLXXV
CCCIX U XXXXII

Documento 2

1520, junio, 22. Francisco de Mena, maestro de carpintería, reconoce haber recibido 12.000 maravedíes en concepto de la mitad de la cantidad por la que se remató la obra del Hospital de la Encarnación de Montilla.ADM. Sección Priego. Leg. 28, nº. 76.

Cruz
Conosco yo Frañçisco de Mena carpintero que reçiby

de vos el reverendo prior / de Sant Jeronimo de Cordova doze mil maravedis de la primera paga conforme / a las condiçiones de la obra del hospital que es la mitad de la paga / porque se remato la obra y porque es verdad reçiby los dichos / doze mill maravedis lo firme de mi nombre que es fecho viernes veinte / dos dias del mes de junio de myll e quinientos e veynte años. / Digo que es verdad los dichos doze mill maravedis. Francisco de Mena *(rúbrica)*

Documento 3

1521, junio, 5. Recibo de pago para Francisco de Mena, maestro de carpintería por valor de 1.500 maravedíes.ADM. Sección Priego. Leg. 38, nº. 76.

Recibe Francisco de Mena IU D mr

Documento 4

1521, octubre, 4. El maestro de cantería Francisco Hernandez Portichuelo reconoce haber recibido ciertas cantidades para pagar a varios oficiales de la obra del hospital de la Encarnación de Montilla. ADM. Sección Priego. Leg. 38, nº. 76

C*ruz*
(calderón) Conosco yo Françisco Hernandez Portichuelo que rreciby del padre / Fray Juan de Moya un ducado para dar al herrero de Montilla / de çiertos clavos que ha hecho para la obra del hospital / asimismo concosco que recibi otros dos mil maravedis para dar / a Francisco Hernandez carpintero que hace la obra de carpin- / teria en el hospital porque lo sobredicho es verdad firme / esta de mi nombre. Fecha a IIII de octubre de I U D XXI. Francisco Hernandez *(rubrica)*

Documento 5

1522, enero, 6. Don Pedro Ponce de León, chantre y canónigo del obispado de Córdoba, da licencia para que se puedan vender los hospitales antiguos de Montilla e invertir sus beneficios en la nueva obra del Hospital de la Encarnación.ADM. Sección Priego. Leg. 2, nº. 21.

Don Pero Ponçe de Leon chantre y canónigo en la iglesia de Cordoba provisor general en lo espiritual / y temporal en Cordoba e su obispado por el illustre y muy magnifico señor don Diego Manrique por / la graçia de dios y de la santa sede apostolica obispo de Cordoba capellán mayor de la Catolica Çesarea majestad / y del su muy alto consejo. Fago saber a vos los atministradores priostes y mayordomos de las / casas y ospitales de la villa de Montylla que a mi es fecho relaçion que las casas y ospitales que ay en esta villa son muy pequeñas viejas y maltratadas y que en ellas ya no se acogen / en ellas pobres algunos de mya cabsa diz que se haze agora nuevamente un ospital / nuevo grande donde se acojan los pobres todos y no aya otro y para lo acabar tiene / y teneys al presente necesidad de dineros que no bastan las rentas de los dichos os- / pitales y me fue pedida liçencia para que se puedan vender y disponer de los otros ospitales / antiguos que ay en esta villa y lo que por ellos dieren se conviertan y sean para el ospital / que agora nuevamente se haze pues ya dellos no hay provecho alguno y al presente de lo / ay necesidad par la sustentaçion de los pobres. Lo qual todo por mi visto y ser / cosa justa lo a mi pedido tuve por bien de lo conceder y por ello di el presente / por el tenor de la qual conçedo la dicha liçencia para vos el prioste y cofrades del dicho os- / pital y ospitales y administradores del para que podays vender y vendays los dichos / ospitales viejos e antiguos a la persona o personas que mas por ellos diere y otor- / gar la escritura o escrituras que convengan y sean necesarias de se otorgar las quales / valan y sean firmes para siempre jamas de las quales si necesario es interpongo mi / autoridad e decreto judicial qual en tal caso conviene y de los maravedies que por dellos diere / sean para el ospital agora nuevamente fundado e dotado y para la sustentaçion / y reparo del en testimonio de lo qual di la presente fecha a VI de hebrero de I U XXII años. *(rubricas)*

Documento 6

1522, enero, 31. Francisco Hernández Portichuelo, maestro de cantería, reconoce haber recibido 10.375 maravedies por las obras que tiene a cargo en el hospital de la Encarnación de Montilla. ADM. Sección Priego. Leg. 38, nº. 76.

Cruz
(calderón) Conosco yo Francisco Hernandez Portichuelo que reciby del muy reverendo señor el señor / Fray Juan de Moya diez mill e trezientos e setenta e çinco maravedis / en cuenta de los maravedis que se me devan de la obra del hospital que e hecho en Montylla / e porque es verdad que recibi los dichos diez mill e trezientos e setenta e çinco maravedis / di esta firmada de mi nombre e de Juan de Alvarez escriuano publico. Fecho en Montilla / treinta e un dias del mes de enero de mil e quinientos e veynte e dos años. *(rubricas)*

Documento 7

1522, junio, 22. Francisco Hernández Portichuelo, maestro cantero, reconoce haber recibido 14.000 maravedíes del mayordomo Juan de Moya, por la obra que tiene a cargo en el Hospital de la Encarnación de Montilla. ADM. Sección Priego. Leg 2, nº. 22.
Conosço yo FrançiscoHernandez Portichuelo que recibi del padre frai Juan de / Moya quatorse myll maravedis por en cuenta de lo que se me debe de la obra / del ospital de Montilla y porque es verdad que recibi los dichos XIIII U / maravedis dy esta firmada de mi nombre hecha a XVII de junio de I U DXXII años

Documento 8

1524, febrero, 6. Francisco de Mena, maestro de carpintería, recibe 2.000 maravedíes por las obras realizadas en el hospital de la Encarnación de Montilla.ADM. Sección Priego. Leg. 38, nº. 76.
Digo yo Françisco de Mena que recybi del reverendo padre fray Juan de Moya / dos myll maravedis que restaron de la obra que me obligue al hospital / que se acabo de Montylla y porque es verdad que los reciby / lo firme de mi nombre. Fecho a XXVI dias e febrero de I U D IIII / años e por esta digo e me doy por contento de todos los / maravedis que avya de aver. Francisco de Mena *(rubrica)*

Notas

1. Esta investigación se enmarca dentro del Proyecto del Plan Nacional de I+D+I, del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España, *Construir y conservar lealtades colectivas. Soberanía y élites en la Monarquía de España (siglos XVI-XVII)*. Ref. HAR2012-39016-C04-02.
2. De las cuatro líneas de esta Casa de Córdoba, Priego, Cabra, Comares y Montemayor, Priego (1711) y Comares (1676) entroncaron mediante lazos de sangre con la Casa Ducal de Medinaceli (Fernández de Bethencourt, 2003-12-16).
3. Oriundo de Galicia recaló en el reino de Córdoba para participar en su conquista, lo que le valió la Alcaldía y Alguacilazgo Mayor de su consejo y ciertos repartimientos en sus tierras. Sin embargo, fue su hijo Alfonso el primero en utilizar el patronímico Fernández y el apellido Córdoba.
4. El título lo otorgan los Reyes Católicos en la villa de Écija, fechado el 9 de diciembre de 1501, en la persona de don Pedro Fernández de Córdoba (1477-1517). (A)rchivo (D)ucal de (M)edinaceli. Sección Archivo Histórico. Leg. 272. Caja II 46 R. En adelante ADM.
5. ADM. Sección Priego. Leg. 14, nº. 1 y Legajo 14, nº. 2.
6. ADM. Sección Priego. Leg. 2, nº 9. Se conserva una copia simple y un traslado de 1756.
7. Sobre la Cofradía de la Santa Caridad es de obligada consulta el trabajo de (Aranda Doncel 2006, 123-150)
8. ADM. Sección Priego. Leg. 2, nº. 11.
9. ADM. Sección Priego. Leg. 2, nº. 13.
10. ADM. Sección Priego. Leg. 2, nº. 20. Vid. Apéndice documental nº. 1.
11. ADM. Sección Priego. Leg. 6, nº. 39 y Leg. 73, nº. 10. Las capitulaciones matrimoniales se concertaron en Medina del Campo el 6 de mayo de 1494.
12. ADM. Sección Priego. Leg. 2, nº. 10.
13. ADM. Sección Priego. Leg. 7, nº. 1.
14. En su libro sobre Coleccionismo y nobleza el profesor Antonio Urquízar parece desconocer la documentación del Archivo de la Casa Ducal de Medinaceli, a juzgar por sus consideraciones sobre la Casa de Priego. Del mismo modo, yerra cuando señala que el IV marqués de Priego fue discípulo de Pedro Mártir de Anglería, algo imposible si tenemos en cuenta las cronologías vitales de ambos personajes.
15. ADM. Sección Priego. Leg. 2, nº. 13.
16. Ibídem.
17. ADM. Sección Priego. Leg. 2, nº. 20. Vid. Apéndice documental nº. 1.
18. Ibídem.
19. ADM. Sección Priego. Leg. 2, nº. 20. Vid. Apéndice documental nº. 1.
20. ADM. Sección Priego. Leg. 2, nº. 21. Vid. Apéndice documental nº. 5.
21. Ibídem.
22. Debe tratarse de Cristóbal Ruiz de Barrionuevo (1515-1552), obispo auxiliar, canónigo de Córdoba y obispo

titular de Tagaste en África, desde el 10 de enero de 1515. Siguió vinculado con Córdoba, pues León X le autorizó a seguir percibiendo su ración canonical para su sustento.
http://www.diocesisdecordoba.com/diocesis/historia/episcopologio/ (acceso 15 de julio de 2013).
23. ADM. Sección Priego. Leg. 2, nº. 20. Vid. Apéndice documental nº. 1.
24. ADM. Sección Priego. Leg. 74, nº. 52.
25. ADM. Sección Priego. Leg. 2, nº. 20. Vid. Apéndice documental nº.1.
26. Ibídem.
27. ADM. Sección Priego. Leg. 38, nº. 76. Vid. Apéndice documental nº. 6 y nº. 7.
28. ADM. Sección Priego. Leg. 38, nº. 76. Vid. Apéndice documental nº. 2, nº. 3, nº. 4 y nº. 8.
29. ADM. Sección Priego. Leg, 2, nº. 20. Vid. Apéndice documental nº. 1.
30. Ibídem.
31. ADM. Sección Priego. Leg. 2, nº. 20. Vid. Apéndice documental nº. 1.

Lista de referencias

Alegre Carvajal, Esther. 2004. *Las villas ducales como tipología urbana.* Madrid: UNED.

Alonso Ruiz, Begoña. 2012. «La nobleza en la ciudad: Arquitectura y magnificencia a finales de la Edad Media». *Studia Histórica*, 34: 215-251.

Aranda Doncel. Juan. 2006. «Cofradías y asistencia social en la diócesis de Córdoba durante los siglos XVI y XVII: las Hermandades de la Santa Caridad». *La Iglesia española y las instituciones de Caridad*, 123-150. Madrid: Ediciones Escurialenses.

Diez del Corral, Rosario. 1992. «Arquitectura y magnificencia en la España de los Reyes Católicos». *Reyes y Mecenas*. Los Reyes Católicos, 55-78. Toledo: Catálogo de la Exposición.

Fernández de Bethencourt, Francisco. 2003. *Historia Genealógica y Heráldica de la Monarquía Española.* Sevilla: Fabiola de Publicaciones Hispalenses.

Morte Molina, José. 1888, *Montilla. Apuntes Históricos de esta ciudad.* Montilla: Imprenta Solá Torices.

Quintanilla Raso, María Concepción. 1979. *Nobleza y señoríos en el Reino de Córdoba. La Casa de Aguilar (siglos XIV y XV).* Córdoba: Publicaciones Caja de Ahorros.

Quintanilla Raso, María Concepción. 1980. «La biblioteca del marqués de Priego (1518)». *La España Medieval*, 1: 347-384.

Romero Medina, Raúl. 2007. «Señores y mecenas. Los condes de El Puerto de Santa María y el Arte (s. XV-XVIII)». *Los Señoríos en la Edad Moderna el marquesado de los Vélez*, 685-703. Almería: Instituto de Estudios Almerienses.

Romero Medina, Raúl. 2009. «Fábrica, obra y mecenazgo arquitectónico: los Medinaceli y la Prioral de El Puerto de Santa María entre Juan de Hoces y Alonso Rodríguez (1478-1512)». *Estudios de Historia del Arte. I Centenario Laboratorio de Arte*, 401-406. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Soria Mesa, Enrique. 2003. «Los Fernández de Córdoba. Un linaje de la nobleza española». *I Jornadas de la Cátedra Gran* Capitán, 83-100. Montilla: Ayuntamiento de Montilla.

Urquízar Herrera, Antonio. 2007. *Coleccionismo y nobleza. Signos de distinción social en la Andalucía del Renacimiento.* Madrid: Marcial Pons.

Rafael Guastavino Moreno, Maestro de Obras en España: del taller de sastrería al «Privilegio de Invención»

Miguel Rotaeche

Nos preguntábamos cuál era la naturaleza de la formación de Rafael Guastavino Moreno (1842-1908), que le permitió realizar obras de importancia ya desde el principio de su vida profesional. La respuesta es múltiple. Por un lado, está claro y demostrado que los estudios de Maestro de Obras que realizó tenían, a pesar de su modestia, un prestigio notable. El carácter práctico de estos estudios y su inmediata aplicación en la construcción de la Barcelona del XIX son un hecho comprobado. También están fuera de toda duda el talento personal y la sagacidad de Guastavino, así como el que los contactos de su familia le permitieran conseguir la mayoría de los encargos. Pero hay todavía mucha incertidumbre en cuanto a la autoría de sus obras. Estas cuatro cuestiones —estudios, talento, contactos y autoría— se analizarán a continuación.

La carrera que Guastavino estudió en la segunda mitad del XIX fue la de Maestro de Obras, una carrera creada por la Academia de Nobles Artes a mediados del siglo XVIII al mismo tiempo que los estudios de Arquitectura. Hasta aquel momento, y desde la Edad Media, el Maestro de Obras era un contratista, generalmente cantero, que conseguía encargos de obras. Él compraba los materiales, asignaba los trabajos a sus empleados y pagaba los salarios (Alonso 1991, 52). Cuando se crearon a mediados del XVIII las dos carreras dedicadas a la construcción, Arquitecto y Maestro de Obras, se le dio a esta segunda una función de proyectista al que se podía considerar como «un arquitecto de segunda clase». Esto era un producto de la jerarquización del Antiguo Régimen en España. La diferencia consistía en que a los maestros de obras académicos se les permitía proyectar únicamente edificios privados, mientras que los arquitectos podían dedicarse a todo tipo de edificaciones. La intención entonces era guardar para los arquitectos aquellos encargos propios del Antiguo Régimen, como palacios, iglesias, etc., mientras los maestros de obras sólo podían diseñar los edificios de carácter más práctico, como viviendas colectivas y edificios industriales o agrícolas.

Esta separación tuvo el efecto que todos imaginamos en el siglo XIX: los Maestros de Obras pasaron a proyectar la mayor parte de las obras, ocupándose de llenar el campo de la construcción de viviendas y edificios industriales, ya que los escasos Arquitectos que había en España no los llegaban a abarcar. En efecto, en 1869, el número de arquitectos no superaba los 400 y, de estos, muchos no ejercían, según afirmaba Juan Bautista Peyronnet, subdirector de la Escuela de Arquitectura de Madrid (Basurto 1999, 22). La escasez de maestros de obras era también clara en todas las ciudades españolas. En 1832 había en Barcelona 11 arquitectos y 4 maestros de Obras. En 1852 había 24 arquitectos y 19 maestros de obras (Bassegoda 1972, 19, 20, 26), ya que la Escuela de Maestros de Obras de Barcelona no se abrió hasta 1850, y no hubo Escuela de Arquitectura independiente en Barcelona hasta 1875 (Basurto 1999, 23).

Un dato muy revelador de esta situación es que de 1870 a 1875, los clientes de los arquitectos de Barcelona solicitaban 160 licencias municipales de obra,

mientras que las de los maestros de obras ascendían a 1.117 en el mismo período (Bassegoda 1972, 41). De hecho, el aspecto actual de los ensanches del XIX de las capitales de provincia españolas se debe en su mayor parte a los maestros de obras (Bonet 1985, 43). Otro dato significativo es que en 1867 estaba estipulado que los honorarios de los maestros de obras fueran iguales a los de los arquitectos (Bassegoda 1972, 34; Basurto 1999, 22).

Es lógico que esta situación trajera como consecuencia que se estableciera una reñida competencia entre arquitectos y maestros de obras, y que aquellos intentaran presionar para que la carrera de éstos se suprimiera, cosa que consiguieron en 1796. Sin embargo, tuvo que restablecerse en 1814, debido al gran volumen de reconstrucción necesario en el país después de las guerras napoleónicas. También lograron suprimir los estudios de Maestros de Obras más adelante, en 1855, para de nuevo restablecerse en 1857. Ante esta situación, Ángel Martín acertadamente dice: «unos se sabían asistidos por la ley y otros por la razón» (Martín 2004, 188). Los estudios de Maestro de Obras se suprimieron definitivamente en 1871.

Es en este contexto cuando aparece Rafael Guastavino. Será en 1861 cuando llegue a la Escuela Especial de Maestros de Obras de Barcelona a comenzar sus estudios con diecinueve años, ya casado y con dos hijos. Vivía entonces acogido por su próspero tío Ramón Guastavino, sastre que se había enriquecido hasta ser socio fundador de una cadena de tiendas del ramo del textil (Oliva 2009a, 65). Si nos atenemos a las vicisitudes de su vida y a las de su profesión de maestro de obras en aquel momento, podemos decir, como diría Jorge Luis Borges, que a Rafael Guastavino «le tocó vivir una época difícil, como a todos».

Comienza sus estudios de Maestro de Obras, una carrera de grado medio de tres años, cuyas clases se daban a última hora de la tarde, debido a que los alumnos trabajaban durante el día. El horario consistía diariamente en una hora y media de clases teóricas y dos horas y media de dibujo y prácticas (Montaner 1983, 25). Su primer oficio fue el de sastre, tal como figura en su partida de matrimonio de 1859. Más tarde, trabajó en el estudio de los maestros de obras Granell y Robert hasta 1862, y después, como ayudante de ingeniero en una fundición (Vegas 2011, 137). La Escuela se encontraba en los desvanes de la Casa Lonja de Barcelona (figura 1), un edificio neoclásico terminado en 1802, construido envolviendo una Sala de Contrataciones gótica del siglo XIV (figura 2). Esta Sala y la magnífica escalera principal del edificio (figura 3) no dejarían de impresionar al joven Guastavino.

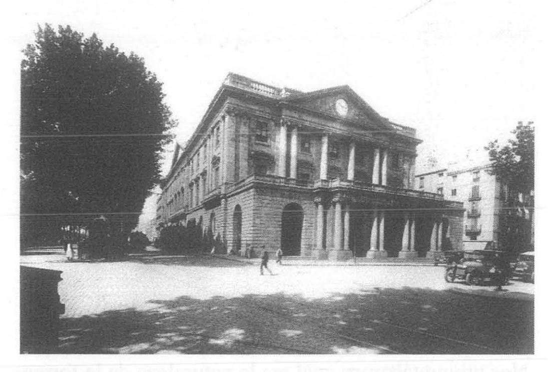


Figura 1
Casa Lonja de Barcelona (Archivo Mas)

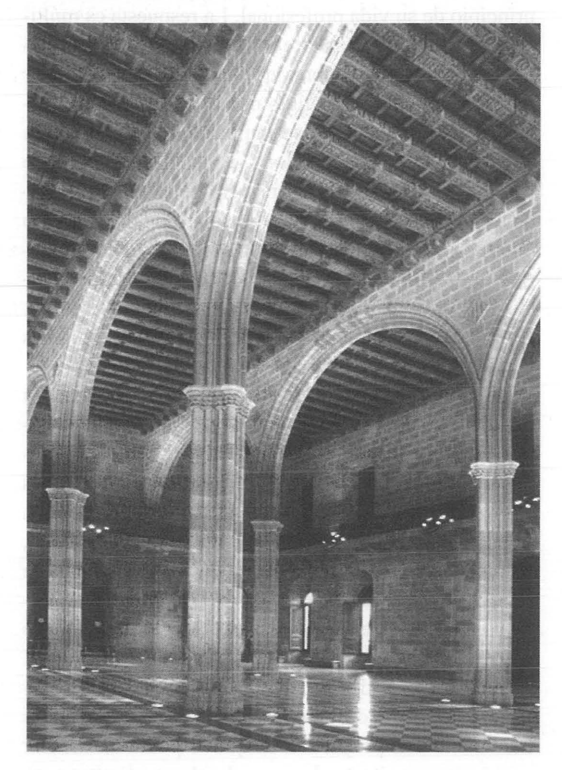


Figura 2
La sala de Contrataciones (Baitiri)

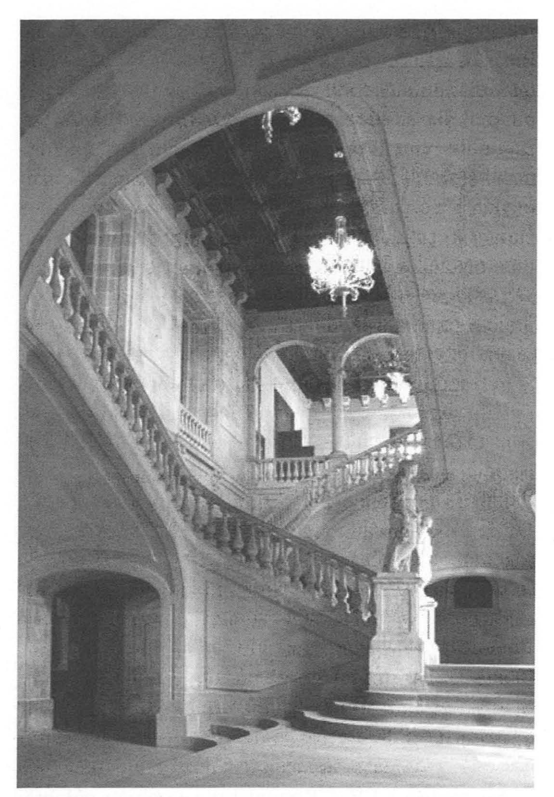


Figura 3
La escalera principal (Baitiri)

El programa de estudios según el Plan de 1858, que era el que estaba vigente en su época (Montaner 1983, 25). Pertenece a la Ley General de Instrucción Pública de 1858, también llamada Ley Moyano:

Primer año:

- Matemáticas.
- Agrimensura y Topografía.
- Dibujo lineal y Topográfico.
- Agrimensura Legal.

Segundo año:

- Geometría Descriptiva.
- Estereotomía o cortes de piedra.
- Mecánica.
- Materiales y Construcción.

Tercer año:

- Composición de Edificios Públicos y privados.
- Arquitectura Legal.
- Ejercicios de Composición:
  Dibujo de copias de edificios modelos y proyecto de edificios de habitación, agrícolas, industriales, de ocio, de utilidad pública y de fiestas y celebraciones.

Para completar dicho programa de estudios, durante los meses de vacaciones los aspirantes a maestros debían hacer prácticas en obras públicas o particulares. La asistencia a estas obras debía acreditarse por medio de certificaciones. Además, al acabar debían realizar un proyecto de fin de carrera (Montaner 1983, 24, 32; Martín 2004, 186). Estos estudios de la Escuela Especial de Maestros de Obras habían alcanzado, en el momento en que Guastavino llegó, un prestigio bien ganado.

Simultáneamente a los Maestros de Obras, existían los Arquitectos. Barcelona careció de Escuela de Arquitectura independiente hasta 1875. Hasta entonces, los alumnos tenían que ir a Madrid a convalidar sus estudios (Ochsendorf 2010, 19). Estudiaban seis años, con clases de nueve de la mañana a tres de la tarde, sanciones por falta de asistencia, paso de lista diario y prohibición de salida del alumnado del recinto escolar durante la media hora de descanso (Prieto 2004, 55). Este estricto régimen se estableció por reacción a la laxitud de la enseñanza de la arquitectura en el siglo XVIII en la Academia de Bellas Artes (Quintana 1983, 81-82), y por querer equipararse a la enseñanza de los Ingenieros de Caminos, muy rigurosa en cuanto a horarios y asistencias, y a su vez copia de la *École des Ponts et Chaussées de Paris.* El conocimiento de la lengua francesa era uno de los requisitos indispensables para cursar la Carrera de Arquitectura, debido a la casi absoluta presencia de libros en francés en la Escuela (Basurto 1999, 59; Prieto 2004, 87). El estudiante de arquitectura tenía también que ser bachiller (Santamaría 2000, 343).

El programa de estudios de la carrera de Arquitectura según el Plan de 1855 era el siguiente (Prieto 2004, 188):

Primer año:

- Cálculos diferencial e integral, y topografía.
- Geometría descriptiva pura.

– Dibujo topográfico y de arquitectura.

Segundo año:

– Mecánica racional, aplicando sus teorías especulativa y experimentalmente a los elementos empleados en las construcciones civiles e hidráulicas.
– Aplicaciones de la geometría descriptiva a las sombras, perspectiva y gnomónica.
– Mineralogía y química aplicadas a los usos de la arquitectura, análisis, fabricación y manipulación de los materiales.
– Dibujo de arquitectura.

Tercer año:

– Mecánica aplicada a la parte industrial del arte de edificar.
– Estereotomía de la piedra, madera y hierro, y trabajos gráficos de esta asignatura.
– Dibujo de arquitectura.

Cuarto año:

– Teorías mecánicas, procedimientos y manipulaciones de la construcción civil e hidráulica: conducción, distribución y elevación de aguas; resolución gráfica de problemas de construcción, replanteos y monteas.
– Nociones de acústica, óptica e higiene aplicadas a la arquitectura.
– Elementos de la teoría del arte y de la composición, como preliminares a la historia de la arquitectura y al análisis de los edificios antiguos y modernos.
– Elementos de composición y proyectos de tercer orden.

Quinto año:

– Historia de la arquitectura y análisis de los edificios antiguos y modernos.
– Composición.

Sexto año:

– Arquitectura legal: ejercicios de la profesión; tecnología.
– Composición.

Volviendo de nuevo a la Escuela Especial de Maestros de Obras de Barcelona, diremos que sus profesores fueron los arquitectos José Casademunt, Elias Rogent, Francisco de Paula del Villar y Juan Torras. (Montaner 1983, 23).

Guastavino siempre habló con admiración de sus profesores Elías Rogent (1821-1897) y Juan Torras (1827-1910). Elías Rogent fue catedrático de Topografía y de Composición y autor del edificio de la Universidad antigua en pleno centro de Barcelona, de estilo neogótico. Más tarde sería el primer director de la Escuela de Arquitectura de Barcelona. Juan Torras fue catedrático de Materiales de Construcción y de Mecánica y Construcción. Se le llama el «Eiffel catalán» (Montaner 1983, 23). Años más tarde, en 1893, Guastavino menciona lo que debe a estos dos profesores en *Escritos sobre la construcción cohesiva* (Guastavino [1893] 2006, 2):

> El conocimiento que puedo tener sobre esta materia se debe, no tanto a mis estudios e investigaciones, como al saber de mis distinguidos maestros en la Escuela de Barcelona, don Juan Torras y don Elías Rogent, de los que guardo una grata memoria, y que me instruyeron y me interesaron en el estudio de las artes y de las ciencias aplicadas,…

Su profesor Elías Rogent tuvo también palabras elogiosas para él, al informar sobre un concurso al que Guastavino se había presentado en 1874: «Este joven de brillante imaginación y larga práctica…». Y más adelante, en el mismo informe (Oliva2009b, 10):

> La obra es realizable si bien falla el principio de economía. Aparte de las ligerísimas observaciones que he tenido el honor de reseñar, puedo manifestar a la Dirección de la Compañía que el autor del proyecto presenta un sistema constructivo acabado y que con las variantes que él mismo introduciría al ponerlo en obra, lo considero realizable.

Como anécdota, este concurso se declaró desierto, y Rogent se quedó con el encargo (Oliva 2009b, 11).

Guastavino terminó los tres cursos de la carrera entre 1861 y 1864, obteniendo las siguientes calificaciones (Bassegoda 1999, 3):

Primer año (1861-1862):
Topografía: Aprobado.
Geometría Descriptiva: Notable.

Segundo año (1862-1863):
Mecánica: Notable.
Construcción: Aprobado.

Tercer año (1863-1864):
Composición: Sobresaliente.
Parte Legal: Sobresaliente.

Finalizado su primer curso, Guastavino tenía derecho a acceder al título de Agrimensor (lo que actualmente conocemos como Topógrafo), simplemente haciendo un ejercicio de topografía. Desconocemos por qué no solicitó este título hasta Noviembre de 1863. Lo hizo con un ejercicio (figura 4) que se conserva en la Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de Barcelona, junto con el borrador de haber tomado las medidas en el lugar. Son los únicos documentos de Guastavino que se conservan en dicha Escuela. El ejercicio consistió en el levantamiento de un plano a color de una zona del ensanche de Barcelona, a tinta y acuarela. El borrador (figura 5) es un dibujo a lápiz con anotaciones a mano. Ambos están en muy buen estado, están hechos en un papel excelente y conservan la frescura del día en que se hicieron. El ejercicio corresponde a una zona en las cercanías de la Universidad antigua, edificio que seguidamente iba a construir al catedrático de la asignatura de Topografía, el arquitecto Elías Rogent.

El carácter de la enseñanza en la Escuela Especial de Maestros de Obras de Barcelona era esencialmente práctico. Como ejemplo, bastan ideas como la defendida por el profesor Juan Torras, al hablar de los diferentes modos de disponer el ladrillo en el muro: «Debe procurarse que esta disposición sea fácil, para que el albañil la recuerde sin trabajo y, si es posible, que se acerque a aquella que está él acostumbrado,...» (Montaner 1983, 52). Otro ejemplo sería el de los Proyectos de fin de Carrera, todos fácilmente realizables. Los planos a veces incluyen andamios y medios auxiliares (Montaner 1983). Todo ello nos lleva a reconocer la visión terrenal y realista que se enseñaba en esta Escuela.

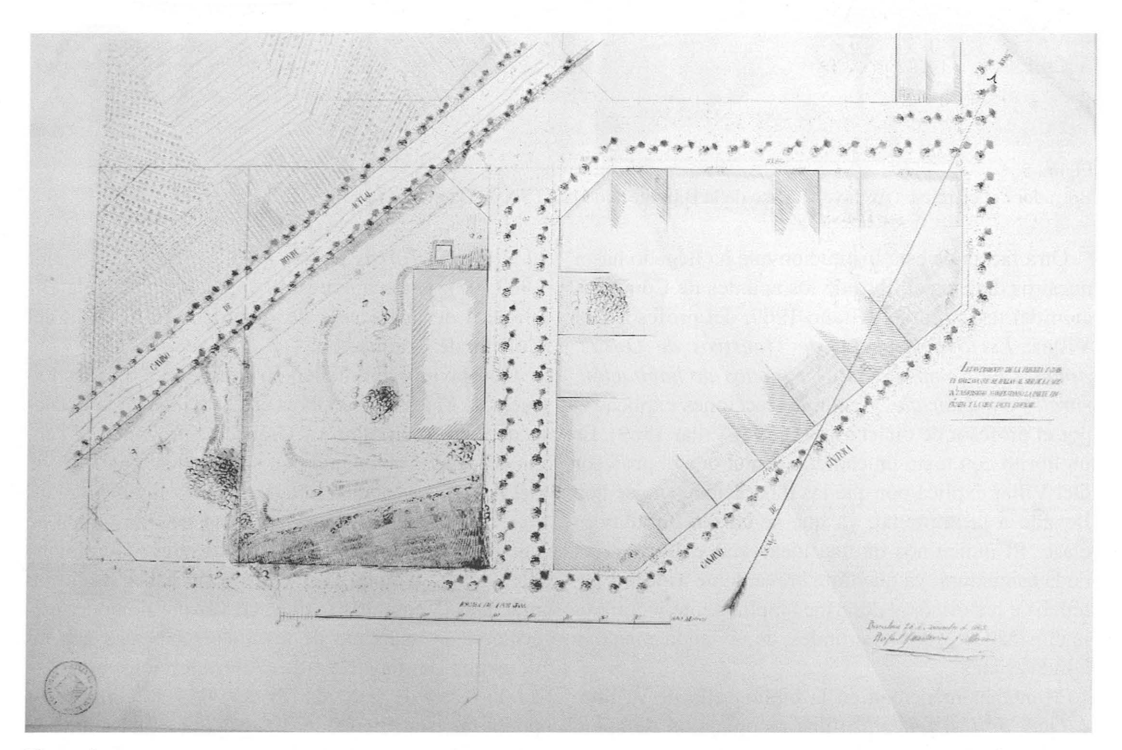


Figura 4
Rafael Guastavino Moreno, ejercicio de topografía. 1863 (Archivo Gráfico de la Biblioteca de la ETSA de Barcelona)

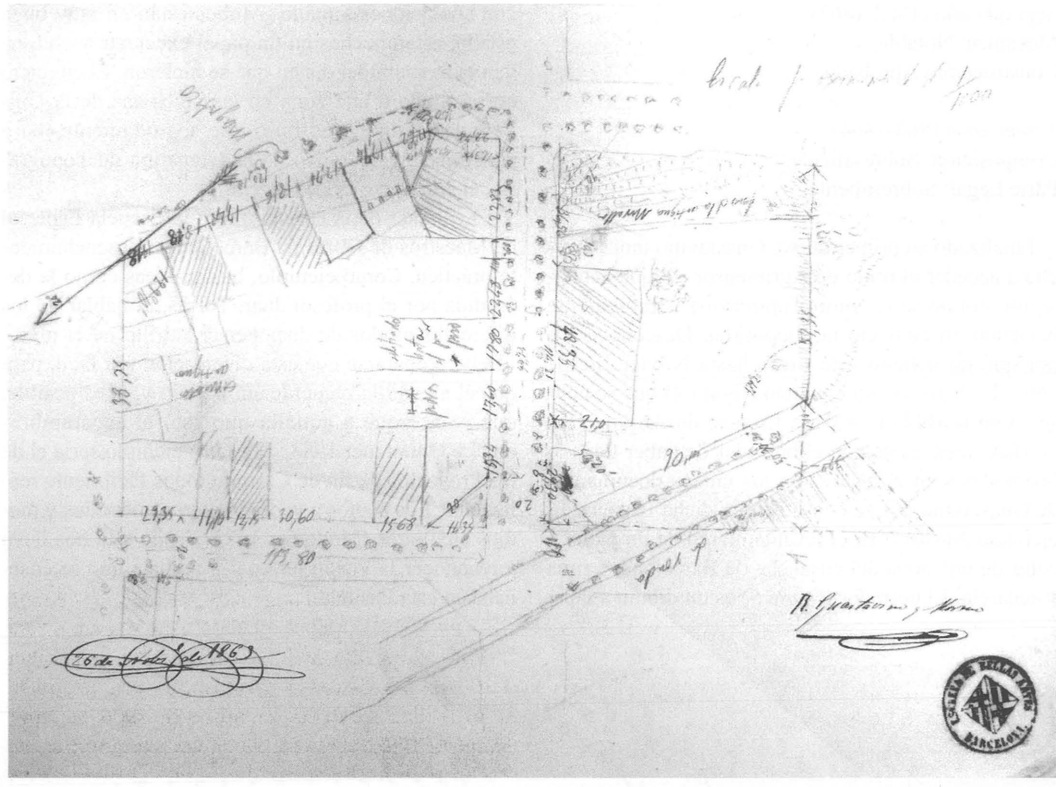


Figura 5
Borrador del ejercicio (Archivo Gráfico de la Biblioteca de la ETSA de Barcelona)

Otra faceta de esta Institución que ha llegado hasta nuestros días, es el libro de los apuntes de Composición del tercer curso del año 1969, del profesor Del Villar: *Escuela Especial de Maestros de Obras. Apuntes de Composición de edificios de habitación, rurales e industriales*, según las lecciones explicadas por el profesor de dicha escuela (Del Villar 1869). Es un librito con texto únicamente, en el que el profesor Del Villar explica por qué las ilustraciones no se han llevado a la imprenta, ya que se harían circular en clase. El índice nos da una idea clara del programa de la asignatura, ya que trata brevemente aspectos estéticos e históricos y describe ampliamente y con minuciosidad los edificios rurales, de vivienda colectiva e industriales.

Montaner menciona en la bibliografía de su libro *L'Ofici de l'Arquitectura* una recopilación de apuntes. Son de la mano del mismo Guastavino: *Apuntes manuscritos de las clases de construcción dadas por el Profesor Torras en el curso 1862-63* (Montaner 1983, 97). Estos apuntes no se encuentran en la Biblioteca de la Escuela de Arquitectura ni en la del Colegio de Arquitectos.

Guastavino simultaneó su último curso en la Escuela de Maestros de Obras con un curso en la Escuela de Pintura, Escultura y Grabado, aprobando la Teoría del Arte y obteniendo un sobresaliente en Historia del Arte (Bassegoda 1999,3). Una vez finalizados sus tres cursos en la Escuela de Maestros de Obras en 1864, por razones desconocidas, de nuevo Guastavino no solicitó su título. Tal vez por no haber hecho las prácticas (Vegas 2011, 137), tal vez por no poder presentarse al «ejercicio de reválida». Sabemos que los derechos de matrícula de dicho ejercicio suponían 1.000 reales de la época (Prieto 2004, 57), que su tío podía no estar inclinado a pagar (en aquel momento equivalían a tres meses de salario de un oficial de la construcción). En cualquier caso, Guastavino no ob-

tuvo su título al acabar sus estudios en 1864. Se puso a trabajar como proyectista bajo la firma de algún compañero, como director de obra o como contratista (Tarragó 2002, 47; Oliva 2009b, 5-8).

El tamaño y la importancia de las obras llaman la atención si tenemos en cuenta la juventud de Guastavino, 22 años en el comienzo de su actividad profesional. Esto podría tener su explicación en el hecho de que la mayoría de los clientes de Guastavino fueran miembros de familias de industriales, generalmente del textil, vinculadas con su tío Ramón Guastavino a través de sus actividades mercantiles (Oliva 2009b, 4)

Como consecuencia de no haber obtenido el título, en un principio no pudo actuar como facultativo, y trabajó con otros maestros de obras que firmaban por él. Esto dificulta el saber qué está diseñado por él en sus obras (Oliva 2009b, 4). También añade confusión a la autoría de sus edificios el que Guastavino fuera simultánea o alternativamente maestro de obras y contratista de sus obras (Rosell 2002, 47). Esto era usual en la profesión. También era común que, al acabar la carrera, muchos maestros de obras se dedicaran prioritariamente a ser contratistas (Montaner 1983, 52). Sin embargo, en Francia en aquella época era usual ponerse a trabajar como arquitecto sin terminar los estudios. El alumno de arquitectura de la *École des Beaux-Arts* podía interrumpir sus estudios en cualquier momento para establecerse por su cuenta. La creación de un *diplôme* en 1867 no cambió demasiado las cosas, ya que nada obligaba a poseerlo para abrir un estudio (Prieto 2004, 37).

VIDA PROFESIONAL

Los diecisiete años de vida profesional de Guastavino en Barcelona se podrían dividir en tres etapas (Oliva 2009b, 2):

Primera etapa

Abarca desde que deja sus estudios en 1864 hasta que obtiene su título en 1872, realizando las siguientes obras (Tarragó 2002, 47; Oliva 2009b, 5-8):

- 1865-71: Casa para el comerciante de tejidos Miguel Buxeda, en el Paseo de Gracia. Derribada. Firmó el proyecto el maestro de obras Jerónimo Granell, que le había empleado siendo estudiante.
- 1866: Casa de cuatro pisos, en el Ensanche de Barcelona.
- 1868: Casa Blajot, en el Paseo de Gracia 32. Actualmente en pie. Firmó el proyecto Antonio Serra Pujals, compañero de estudios y maestro de obras, aunque se admite que el proyecto es de Guastavino.
- 1868-79: Taller de curtidos de Bernard Muntadas. Derribado.
- 1869: Palacio Oliver, en el Paseo de Gracia. Derribado. Firmó el proyecto Pablo Martorell.
- 1866-69: Fábrica textil Batlló, en el ensanche de Barcelona. Actualmente en pie, con muchas ampliaciones. Está ocupada en la actualidad por la Escuela de Ingeniería Técnica y otros usos. Hay dudas sobre la autoría del proyecto, ya que los honorarios de «formación de los planos y dirección de la obra» fueron percibidos por Pablo Martorell. Se trataría de un proyecto colectivo en el cual el ingeniero Alejandro Mary actuó como tal, Ramón Mumbrú fue el contratista, y Guastavino el supuesto director real de la obra (Oliva 2009b, 7).
- 1870-71: Fábrica Rosich, en la calle Pelayo.
- 1870: Reparcelación de un terreno junto a la fábrica Batlló, resultando diecinueve parcelas.
- 1870: Casa aislada para el sastre Manuel Galve, en Sarriá. Actualmente en pie.
- 1871: Fábrica Vidal e Hijos.
- 1871-74: Casa Juliá, en el Paseo de Gracia 80. Derribada. Los planos están firmados por Guastavino en primer lugar y, formalmente, por Antonio Serra Pujals.
- 1871: Casa para el fabricante de zapatos Pablo Montalt, en la calle Trafalgar 11. Actualmente en pie.
- 1872: Casa de cuatro pisos para él mismo, en calle Aragón esquina calle Lauria. Derribada.

Así, nos encontramos con un total de dos casas aisladas, seis casas de pisos y cuatro edificios industriales. De éstos, sobresale la fábrica textil Batlló, que ocupa una vasta parcela de 250x250 metros (6,25 ha.) en el ensanche Cerdá de Barcelona, resultante de unir cuatro manzanas de dicho ensanche. El ingeniero Alejandro Mary fue el proyectista, y Ramón Mumbrú el contratista (Oliva 2009b, 7). Se dice

que en esta obra Guastavino llevó la dirección. Pero Guastavino lo desmiente en una carta enviada al *Diario de Barcelona* en 1869, cuando la fábrica se estaba terminando, y afirma que sólo es responsable del aspecto exterior, o sea, de las fachadas (Rosell 2009, 1-2; Ochsendorf 2010, 29):

> Muy señor mío: Dándole anticipadamente las gracias, ruego a Vd. se sirva mandar insertar el siguiente escrito:
>
> Hace tiempo que por los periódicos de la localidad se me atribuye la dirección de la fábrica de los Sres. Batlló hermanos; esto es inexacto. Recientemente he vuelto a leer en algún periódico la misma especie y me veo obligado a repetir lo mismo.
>
> En todos los edificios de esta índole existen dos pensamientos que desarrollar, representados por dos distintos facultativos cuyas atribuciones o límites son bien determinados. El uno representa lo principal, lo eminentemente útil, lo que constituye, propiamente dicho, la dirección y proyección de la fábrica, esto, corresponde al ingeniero, a quien todo se ha de subordinar por la índole misma del edificio. El otro representa lo secundario en esta clase de edificios, es decir, el aspecto exterior, la proyección pura y simplemente arquitectónica.
>
> La primera parte corresponde exclusivamente (sic) a mi distinguido amigo D. Alejandro Mary.
>
> La segunda pertenece a quien no le gusta que se publique su nombre, si ha de herir susceptibilidades.
>
> Queda de V.S.S.Q.B.S.M., Rafael Guastavino
> Barcelona, 18 de noviembre de 1869.

Segunda etapa

Abarca desde que consigue su título de Maestro de Obras en 1872 hasta 1877.

Dos acontecimientos cruciales le sobrevienen en un intervalo corto. Por un lado, muere su tío el 27 de junio de 1871 (Oliva 2009b, 1). Por otro, una Real Orden (publicada el 7 de junio de 1871) suprime la enseñanza oficial de Maestros de Obras, otorgando el derecho al título a todos los que estuviesen matriculados o tuviesen la carrera incompleta.

Estaba previsto que en el plazo de un año desde la publicación de la Real Orden los alumnos se presentaran a examen o reválida ante un tribunal de profesores (Bassegoda 1972, 20; Basurto 1999, 62). En 1872 Guastavino obtiene su título de Maestro de Obras. No se conserva su Proyecto de fin de carrera, porque es probable que accediese al título mediante un examen.

En 1871 Guastavino se matricula en Arquitectura en la Escuela Politécnica Provincial, estudiando sólo un curso, pues esta cerraría al año siguiente (Bassegoda 1999, 3).

Actualmente no se conserva en la Escuela de Arquitectura de Barcelona su expediente académico. Ni el correspondiente a sus tres cursos en la Escuela Especial de Maestros de Obras, ni el de su ingreso en Arquitectura en 1871, en la Escuela Politécnica Provincial.

En esta segunda etapa no realiza proyectos, ya que se dedica a empresario agrícola administrando las viñas que compró en Tardienta (Huesca) con la herencia de su tío (Oliva 2009b, 8; Vegas 2011, 137). Probablemente tras el fallecimiento de éste pierde su numerosa clientela. Aunque no ejerce de Maestro de Obras durante estos años, se ocupa de publicitarse buscando conseguir encargos de proyectos, sin resultados claros (Oliva 2009b, 8; Loren 2009, 73). Un ejemplo de ello es el concurso de 1874 antes mencionado.

Tercera etapa

Abarca desde 1877 a 1881 (fecha de su marcha para América).

Es en esta etapa cuando vuelve a trabajar en proyectos de edificios de forma copiosa (Oliva 2009b, 2; Vegas 2011, 137). Las obras que realizó fueron (Oliva 2009b, 17-18; Tarragó 2002, 47):

- 1875: Curtidos Muntadas, Aparicio y Cía.
- 1877: Almacenes Grau, en Barcelona.
- 1877: Casa Elías, en la calle Nápoles.
- 1877: Casa de Amparo Vallés Puig, en la calle Aragón 329.
- 1877: Taller para Edmond C. Sivatte, en la calle Urgell 262.
- 1877-78: Fábrica para Ignacio Carreras, en la calle Casanova 53– 55.
- 1877: Casa de viviendas de Ramón Mumbrú, en la calle Doctor Dou 14. Actualmente en pie.
- 1877-78: Casa y talleres de Modesto Casademunt, en la calle Aribau 3. Actualmente en pie.
- 1879: Fábrica de vidrio para Modesto Casademunt, en la calle Enrique Granados esquina con la calle Aragón.
- 1878: Casa Anglada Goyeneche, en la calle Aragón 280.

- 1879: Casa de vecinos para Andrés Anglada, en la calle Aragón 280.
- 1880: Nave para Eusebio Castells, en la calle Caspe 54-56.
- 1877-80: Fábrica de porcelana de la familia Florensa, en Hostafranchs.
- Fábrica Michans y Cía., ¿en Villafranca?
- Fábrica de Martín Riu, en San Martin de Provençals.
- 1880: Casa de Ramón Mumbrú, en la calle Mayor de Sarriá 103. Actualmente en pie.
- 1880-1881: Teatro de Vilassar. Actualmente en pie.
- 1881-1882: Nave de los Estrany, en Vilassar. Actualmente en pie. Ejemplo de uso de la patente de 1878.
- 1883-1884: Fábrica Saladrigas, en San Martín de Provençals. Actualmente en pie. Ejemplo de uso de la patente de 1878.

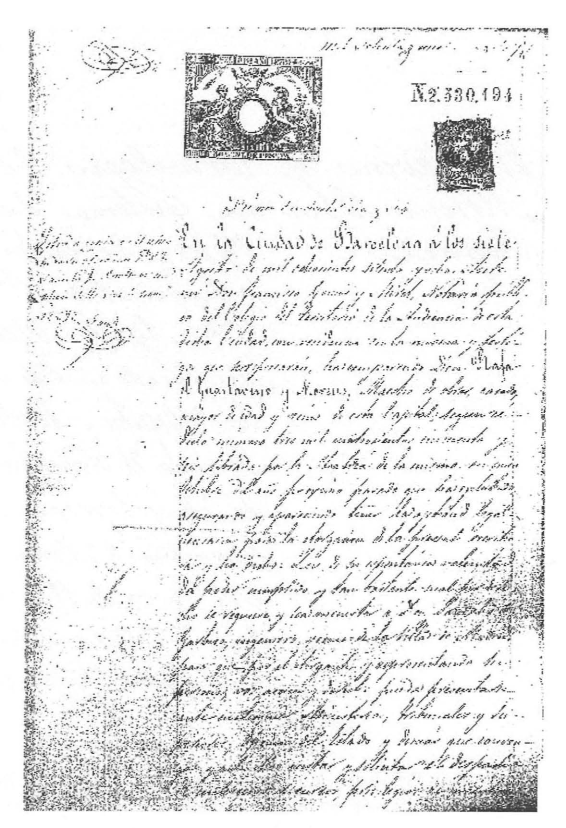


Figura 6
Poder notarial otorgado al ingeniero Sandalio de Garbiso. Agosto de 1878 (Archivo Histórico de Protocolos de Barcelona)

Así, nos encontramos con: siete casas de pisos, once edificios industriales y un teatro. Podemos observar la inexistencia de encargos de casas aisladas y la gran cantidad de edificios industriales.

Tal como Benet Oliva nos hace saber (Oliva 2009a, 60), en esta última etapa de Barcelona, corriendo ya el año 1878, Guastavino patenta un sistema de bóvedas, al que denomina con un título poco claro: *Construcción de techos abovedados de inter-estribos y descarga*. La patente, que —como todas las patentes entonces— se denominaba oficialmente con el nombre curioso y pintoresco de «Privilegio de invención», se tramitó en Madrid. Para dicha tramitación, Guastavino otorgó un poder notarial (figura 6) a un ingeniero de Madrid llamado Sandalio de Garbiso. La patente tenía una duración de cinco años. No se conserva el expediente de tal patente. Esto significa que no tenemos dibujos ni descripciones escritas. Así que de nuevo nos encontramos con la desaparición de documentos. Sólo se conserva en el Archivo de la Oficina Española de Patentes y Marcas la mención en el Libro de Registro (figura 7), que incluye el título del «Privilegio de invención» y las fechas de ingreso, pago y entrada en vigor.

Para obtener beneficios inmediatos de esta patente en Barcelona, Guastavino pergeñó un acuerdo poco común con cuatro albañiles locales (Oliva 2009a, 60), acuerdo recogido en un documento notarial que se conserva hoy en día (figura 8). En dicho documento dividía la ciudad en cuatro zonas, adjudicando una a cada albañil. Se les obligaba a pagarle la mitad de una tasa establecida por longitud de fachada y número de plantas cada vez que utilizaran la patente (por lo que deducimos que era un sistema de construcción de forjados en edificios de pisos). El documento también convertía a los cuatro albañiles en recaudadores de las tasas de aquellos que en cada zona hicieran uso de dicha patente, entregando a Guastavino la mitad de lo recaudado. (Es curioso que a la patente se le da repetidas veces en la escritura como reclamo publicitario la denominación «el sistema privilegiado»). Previamente a la firma del documento, cada albañil había entregado a Guastavino 500 pesetas «por el premio convenido por la presente concesión» (500 pesetas equivalían en la época a seis meses de salario de un oficial de la construcción en

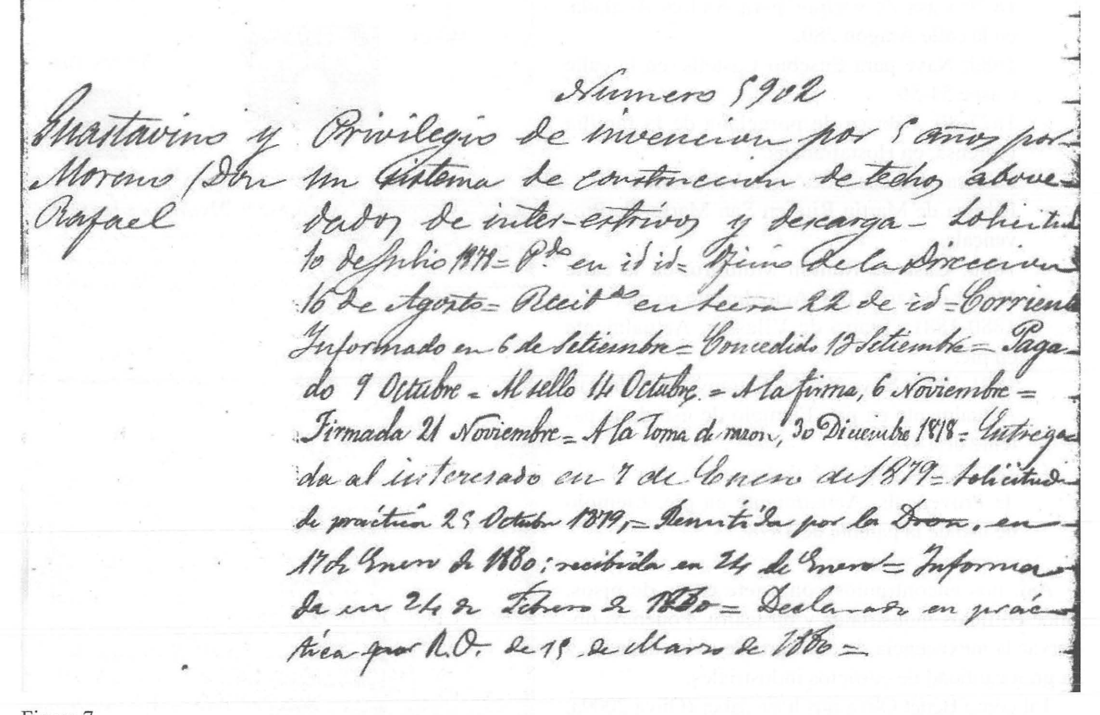

Numero 5902
Guastavino y Moreno (Don Rafael) Privilegio de invencion por 5 años por un sistema de construccion de techos abovedados de inter-estrivos y descarga – Solicitud 10 de Julio 1878 = Pdo en id id = Ofizio de la Direccion 16 de Agosto = Recibido en tecera 22 de id = Corriente Informado en 6 de Setiembre = Concedido 13 Setiembre = Pagado 9 Octubre = Al sello 14 Octubre = A la firma, 6 Noviembre = Firmada 21 Noviembre = A la Toma de razon, 30 Diciembre 1878 = Entregada al interesado en 7 de Enero de 1879 = Solicitud de practica 29 Octubre 1879 = Remitida por la Dcon. en 17 de Enero de 1880; recibida en 24 de Enero = Informada en 24 de Febrero de 1880 = Declarada en practica por R.O. de 15 de Marzo de 1880 =

Figura 7
Mención del Privilegio de invención de Guastavino en el Libro de Registro de la Oficina Española de Patentes y Marcas (Archivo Histórico de la Oficina Española de Patentes y Marcas. Ministerio de Industria y Energía)

Barcelona). El acuerdo se firmó ante notario el 29 de enero de 1879, y se conserva en el Archivo de Protocolos de Barcelona.

Se especifica claramente que la patente expira a los «cinco años, que finirán en veinte y uno de noviembre de mil ochocientos ochenta y tres», es decir, dos años después de la inesperada marcha de Guastavino a los Estados Unidos.

El título del «Privilegio de invención» *Construcción de techos abovedados de inter-estribos y descarga,* no se parece a ninguna de las patentes que Guastavino registró en los Estados Unidos, que llegaron a ser veinticuatro (Redondo 2000, 895-9). También hemos comprobado que no hay otra patente a nombre de Rafael Guastavino en el Archivo de la Oficina Española de Patentes y Marcas. Esta fue, por consiguiente, la única patente que Guastavino registró en España.

Para finalizar, señalaremos que Rafael Guastavino fue un personaje con una formación técnica excelente y un talento excepcional. Todo esto, junto con los buenos contactos familiares, hizo que tuviera una carrera fulgurante.

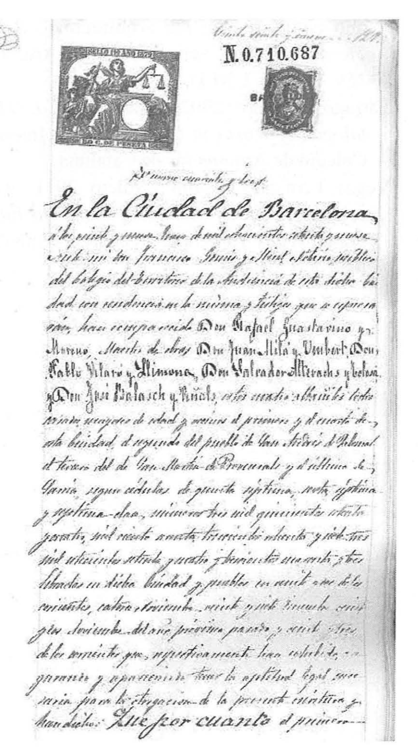
Lista de referencias

Archivo de la Catedral de Barcelona, libro de «Llicencies d'esposalles» 1859-1860, vol. 200, fol. 67r. *Partida de matrimonio de Rafael Guastavino Moreno con María Francisca Ventura.*

Archivo Histórico de la Oficina Española de Patentes y Marcas. *Privilegio de invención: «Sistema de construcción de techos abovedados de inter-estribos y descarga».* Privilegio 5902 del libro de Registro 5008.

Archivo Histórico de Protocolos de Barcelona. *Poder notarial de Rafael Guastavino a Sandalio de Garbiso.* Sig. 1258, Notario Francisco Gomís Miret. Manual 1878-II, núm. 316, f. 1071r-v, 7-VIII-1878.

Archivo Histórico de Protocolos de Barcelona. *Acuerdo en-*


N. 0.710.687

En la Ciudad de Barcelona

Don Rafael Guastavino y Moreno

Que por cuanto

Figura 8
Acuerdo entre Guastavino y cuatro albañiles. 29 enero 1879 (Archivo Histórico de Protocolos de Barcelona)

tre Rafael Guastavino y varios albañiles. Sig. 1258, Notario Francisco Gomís Miret. Manual 1879-I, núm. 43, f. 129r-131r, 29-I-1879.

Bassegoda Nonell, Juan. 1972., *Los maestros de obras de Barcelona,* Ed. Real Academia de Bellas Artes de San Jorge. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A.

Bassegoda Nonell, Juan. 1999. «La obra arquitectónica de Rafael Guastavino en Cataluña (1866-1881)». *Las bóvedas de Guastavino en América,* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Basurto Ferro, Nieves. 1999. *Los maestros de obras en la construcción de la ciudad. Bilbao 1876-1910.* Bilbao: Diputación Foral de Vizcaya.

Bonet Correa, Antonio 1985. *La polémica Ingenieros-Arquitectos en España, siglo XIX,* Madrid: Colegio de Caminos, Canales y Puertos.

Del Villar, Francisco de Paula. 1869. *Escuela Especial de Maestros de Obras. Apuntes de Composición de Edificios de habitación, rurales e industriales, según las lecciones explicadas por el profesor de dicha escuela.* Barcelona.

Graus, Ramón, y Jaime Rosell. 2009. «La fábrica Batlló, una obra influent en l'arquitectura catalana». *VIII Jornadas de Arqueología Industrial de Cataluña.* Barcelona: Asociación del Museo de la Ciencia y de la Técnica y de Arqueología Industrial de Cataluña (mNACTEC).

Guastavino, Rafael. [1893] 2006. *Escritos sobre la construcción cohesiva.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Guastavino IV, Rafael. 2006. *An Architect and his son.* Maryland: Heritage Books.

Loren, Mar. 2009. *Texturas y pliegues de una Nación. New York city: Guastavino Co. y la reinvención del espacio público de la metrópolis estadounidense.* Valencia: General de Ediciones de Arquitectura.

Marcos Alonso, Jesús A. 1973-1974. «Arquitectos, maestros de obras, aparejadores. Notas para una historia de las modernas profesiones de la construcción». *Revista CAU,* nº 22-23-24 y 25.

Martín Ramos, Ángel. 2004. *Los orígenes del ensanche Cortázar de San Sebastián.* Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.

Montaner, José María. 1983. *L'ofici de l'arquitectura. El saber arquitectònic dels mestres d'obres analitzat a través dels seus proyectes de revàlida (1859-1871).* Barcelona: Universidad Politécnica de Barcelona.

Montaner, José María. 1996. «Gremios, arquitectos y maestros de obras». *Escola d'Arquitectura de Barcelona. Documentos y Archivos.* Barcelona: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona.

Ochsendorf, John. 2010. *Guastavino Vaulting. The Art of Structural Tile.* New York: Princeton Architectural Press.

Oliva i Ricós, Benet. 2009a. «La Febre d'Or i Guastavino a Vilasar de Dalt». *Revista d'Historia i Patrimoni Cultural de Vilassar de Mar i el Maresme,* Nº 25 junio. Vilassar.

Oliva i Ricós, Benet 2009b. «L'etapa catalana de Rafael Guastavino (1859-1881). Els camins de la innovació: València & Barcelona (& Vilassar) & Nova York & Boston...». *XI Congrès d'História de la Ciutat. La ciutat en xarxa.* Barcelona: Archivo Histórico de la Ciudad de Barcelona, Instituto de Cultura, Ayuntamiento de Barcelona.

Prieto González, José Manuel. 2004. *Aprendiendo a ser arquitectos. Creación y desarrollo de la Escuela de Arquitectura de Madrid (1844-1914).* Madrid: CSIC.

Quintana, Alicia. 1983. *La arquitectura y los arquitectos en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1744-1774).* Madrid: Xarait.

Redondo Martínez, Esther. 2000. «Las patentes de Guastavino & Co. En Estados Unidos (1885-1939)». *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Sevilla, 26 a 28 de octubre de 2000,* Volumen II, pp. 895 a 905. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Rosell, Jaime. 2002. «Rafael Guastavino Moreno. Inventiveness in 19th century architecture». *Guastavino Co.*

(1885-1962) Catalogue of Works in Catalonia and America. Barcelona: Colegio de Arquitectos de Cataluña.

Rosell, Jaime y Ramón Graus. «La fábrica Batlló, una obra influent en l'arquitectura catalana». *VIII Jornadas de Arqueología Industrial de Cataluña, Asociación del Museo de la Ciencia y de la Técnica y de Arqueología Industrial de Cataluña* (mNACTEC). Barcelona.

Santamaría Almolda, Rosario. 2000. «Los Maestros de obras aprobados por la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1816-1858). Una profesión en continuo conflicto con los arquitectos». *Revista Espacio, Tiempo y Forma*, Serie VII, Hª del Arte, t.13, págs. 329-359. Madrid: UNED.

Tarragó, Salvador. 2002. *Guastavino Co. (1885-1962). Catalogue of Works in Catalonia and America*, Barcelona: Colegio de Arquitectos de Cataluña.

Vegas, Fernando y Camila Mileto. 2011. «Guastavino y el eslabón perdido». *Actas del Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Análisis del proceso constructivo y del trazado geométrico del pozo del Castillo de Burgos

José Ramón Ruiz Checa
Valentina Cristini

El cerro de la Blanca, que domina la ciudad de Burgos, presume de una larga cronología de construcciones, alteradas por guerras, destruidas por incendios y afectadas por la incuria. El primigenio sistema fortificado fue erigido durante el reinado de Alfonso III (884) coincidiendo con la fundación de la ciudad, próxima al río Arlanzón (figura1), cuyos alrededores presentan asentamientos humanos ya desde la Edad del Hierro (Uribarri 1987). A lo largo de los siglos el castillo fue Alcázar, Residencia Real, prisión y cuartel, sufriendo varias ampliaciones y reformas, entre las cuales las más destacadas son las realizadas a finales del siglo XV-principios del siglo XVI, a partir de la cual empieza un período de ocaso estratégico que finaliza con la voladura del castillo, realizado por las tropas napoleónica (1813).

No obstante a pesar de todos estos acontecimientos el pozo del castillo, fechado en la segunda mitad del S. XIII[1], supone un formidable ejemplo de arquitectura subterránea medieval, o también, como una «substrucción castramental de primer orden»[2] cargada además de valor simbólico, fascinación y leyendas. Las galerías subterráneas y su enredada secuencia de pasajes han sido objeto de múltiples interrogantes hasta finales del siglo XX. Lo mismo ha ocurrido con su razón de ser constructiva, analizada y clarificada por distintas campañas de estudio[3]. No obstante quedan todavía en el aire la propia ejecución del pozo, descrito y medido a largo de su trayectoria histórica pero cuya hipótesis constructiva, en detalle, no se ha desvelado hasta la fecha de una manera clara.

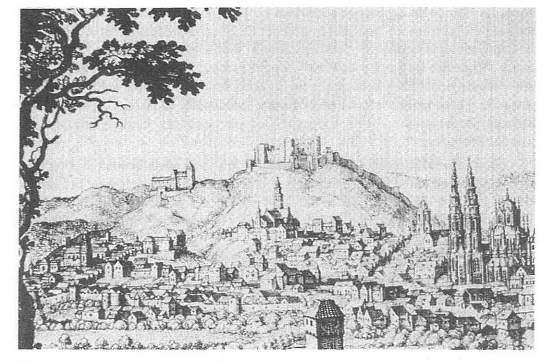


Figura 1
Vista general de la ciudad de Burgos y del cerro del castillo (Van der Berge s. XVI)

Concretamente, las investigaciones sobre el Castillo de Burgos y su pozo, en el marco de su evolución arquitectónica, han sido relativamente recientes, sobre todo impulsadas en los '90 por una línea de estudio cuyo objetivo fue llevar a cabo un proyecto de restauración y acondicionamiento de todo el complejo. Esta iniciativa, se pudo materializar, gracias a las sinergia producida entre distintas instituciones (Ayto., Universidad de Burgos, CEDEX y CEHOPU entre las principales) gracias a la cual se formalizó un plan director (1993), un proyecto de estudio («Seminario sobre el Castillo» 1994), y la declaración de zona arqueológica (1994)en el marco de un proyecto general de intervención en el conjunto (Ibáñez; Álvarez 1997-1999)[4].

BREVE RESEÑA: VIAJEROS Y ESTUDIOSOS INTERESADOS AL POZO

Los datos que se conocen sobre la vigencia del pozo son cuidadosamente recopilados a finales de los '90 (Valdivielso Ausín[5]; Sagredo García[6]), con una detallada cronología de visitantes, viajeros y estudiosos que se han acercado al pozo y su historia, intentado explicar su razón de ser. Sintéticamente se puede considerar que las primeras fuentes documentales coinciden con el s. XVI, cuando A. de Venero[7] primero y después un cronista de Felipe II, E. Cock[8], aseguran que en el castillo de Burgos hay una estructura muy peculiar, tratándose de «un pozo de maravillosa hondura...que es cosa digna de ver el dicho»[9]. Cien años después M. Prieto[10] y J.Barrio Villamor[11], otros historiadores, describen el pozo considerando que «está tan artificiosamente construido que parece obra de encantamiento»[12]. Esta admiración y este respeto por tan insigne estructura siguen en los siglos. A lo largo del XVIII B. de Palacios[13], E. Flórez[14], A. Ponz[15] y P. Madoz[16] son entre los principales historiadores que subrayan la construcción del pozo «cuyo álveo se cree nivelado al pavimento de la Plaza Mayor...y que surte de agua a las tropas y permite examinar su fondo por medio de una escalera espiral que forma cubo gemelo»[17](figura 2). Una de las pocas monografías históricas sobre el conjunto del castillo, proporcionada en este caso por E. Oliver Copons[18]en el XIX evidencia como en el recinto queda vigencia de «un pozo antiquísimo, que se cree data de la época de su fundación...».

Afortunadamente a principio de siglo se intensifican los datos y su carácter progresivamente más científico. Primero en 1913 el historiador I. Gil[19] y luego en 1914 V.Lampérez[20]visitan Burgos y, concretamente este último, sorprendido por la estructura del pozo, define el elemento como «celebérrimo» tratándose de una «impresionante construcción». Además en 1927, el general L. Centeno[21], responsable de una de las principales y a la vez contradictorias campañas arqueológicas llevadas a cabo en el castillo a lo largo del siglo XX, puntualiza como el pozo es» algo excepcional, único, soberbiamente militar y soberbiamente constructivo; de gran ingenio militar, un modelo, en fin, de pozo castelar» Siempre este año, un historiador local, volcado a la documentación del complejo militar, D. Hergueta[22], subraya como se trata de un «ingenioso mecanismo» detallando «la esmerada labra de sus piedras» y concluyendo como «su construcción es una obra maestra y singular de los edificios militares de la Edad Media».

BREVE RESEÑA: HISTORIA DEL POZO Y DE SUS INTERVENCIONES

Hasta la fecha han surgido varias escuelas de pensamiento, tratando de esclarecer todas ella un poco más sobre el porqué de la existencia de un pozo de tan especial factura en el recinto del Castillo de Burgos (figura 3).

El primer obstáculo de dicho estudio se enfrente a la, hasta la fecha, absoluta falta de documentación. La primera teoría, y posiblemente la más respaldada a lo largo de los siglos, promueve la función primordial que se otorga por definición a un pozo: el suministro de agua. La segunda, por otro lado, justificada por la presencia conjunta de la estructura de la escalera, y por una obra de cantería tan excepcional,

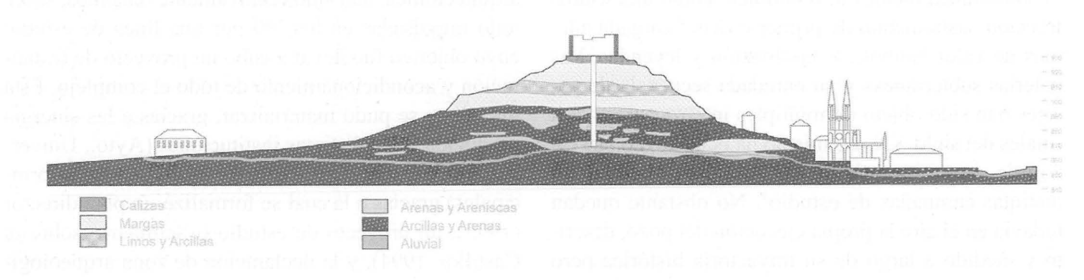


Figura 2
Caracterización geológica del cerro del castillo según García Castillo (Ruiz-Cristini-López Salas)

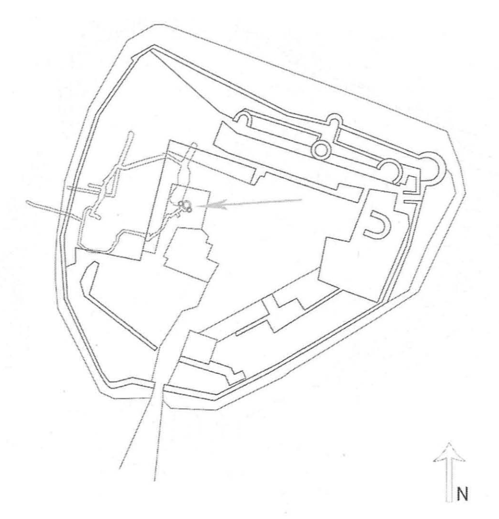


Figura 3
Planta del Castillo de Burgos y localización del pozo a partir de infografía de Sáenz Ridruejo-García Castillo (Ruiz-Cristini-López Salas)

apuesta por una función más vinculada a comunicaciones subterráneas. Finalmente, una tercera hipótesis, respaldada por la supuesta mala calidad de la vena freática, limita el uso del conjunto a respiradero y pozo de ventilación. Además las distintas teorías cuentan en los siglos con postura criticas de distintos estudiosos que se han enfrentado a las diferentes opciones. La primera hipótesis, que trata fundamentalmente de un «pozo de agua»es promovida principalmente por E. Cock (1538), J. Barrio Villamor (1650), P.Madoz (1984). La segunda, más bien orientada al concepto de un «pozo de escape», vinculado a una red subterránea, es implícitamente propuesta por V. Lampérez (1914) y explícitamente por L. Centeno (1927). La tercera, finalmente, vincula a la razón de ser de la obra a un «pozo de ventilación» y es propuesta por I. Gil (1913), retomada luego por D. Hergueta (1922) y actualmente confutada J. Sagredo (1999).

Todas estas teorías se han orientado hacia las intervenciones y campañas de estudio de los subterráneos del castillo, realizadas en el siglo XX[23]. Por otra parte, las acciones llevadas a cabo en los últimos cien años han sido las más contundentes, llevándose a cabo trabajos de excavación, descombro y consolidación progresiva, cada vez a mayor profundidad, tanto en el pozo como en las galerías colindantes. Una de las primeras actuaciones es la del Capitán J. Perogordo (1912) seguida, a continuación, por la del General L. Centeneo (1925-1948). Ambas bastante criticadas por la comunidad burgalesa. Posteriormente, dichas iniciativas, son de alguna manera depuradas por P. Plana con E. Rubio y A. del Alamo (1972), por A. Díaz con J.L. Uribarri, J. C. Elorza (1982-83) y finalmente por A.I. Ortega, con M.I Ortega y J. C. Chicote (1993-1996). En este último caso además se aprovechó la iniciativa para proceder a una intervención de urgencia (Arq. F. Escribano).

Ejecución de la obra según algunos autores

Las fuentes consultadas establecen que la obra «se realizó excavando un tremendo agujero perpendicular a la superficie de unos 3 m de diámetro, suponemos que perfectamente entibado para evitar el desprendimiento de sus paredes, y de no menos de 70 m de profundidad, ejecutando la obra de abajo hacia arriba, es decir comenzando por el sexto husillo y terminando por el primero, de tal forma que para la elaboración del cilindro central dejaban unos huecos o mechinales en su cerramiento para poder asentar el andamiaje que permitiera levantar una nueva porción de pared de una altura aproximada de 1.60 m. Estos huecos son perfectamente visibles en la actualidad»[24] (figua4).

En línea con estas teorías aparecen testimonios de estudios más recientes efectuados en el conjunto pozo-escalera »No cabe duda que el diseño y cons-



Figura 4
Vista del pozo (Cristini)

trucción se concibe y aborda de forma conjunta, es decir, los husillos no son añadidos al pozo sino que forman parte del aparejo global de la fábrica...creemos que la construcción de esta obra es de abajo arriba: hecha la excavación, con entibaciones puntuales ya que en general los terrenos son muy estables, se levanta la sillería desde el fondo hasta la superficie sin juntas horizontales. Hemos constatado la ausencia de estas juntas a lo largo de todo el pozo»[25].

Ahora bien, es complicado averiguar el proceso constructivo de esta estructura por varias razones. Por un lado es importante tener en cuenta varias intervenciones de reconstrucciones parciales y consolidaciones, debidas sobre todo a la vulnerabilidad geológica de la estratigrafía del cerro. Las principales campañas de intervención y reforma fueron promovidas por las tropas francesas (1809) y tuvieron como objetivo la apertura y recercado de nuevos huecos (en fábricas de ladrillos macizos y mortero de cal) y la consolidación de los paramentos situados en los pasillos de comunicación. A estas alteraciones de la estructura primigenia se añaden reconstrucciones de peldaños, reparaciones de lienzos de fábricas de los pasillos y rejuntados sistemáticos con mortero de cemento (1929-1933). La lectura e interpretación de los muros es además complicada por la presencia de técnicas invasivas (vigas metálicas y de hormigón) empleadas para el refuerzo estructural y la supuesta «puesta en seguridad» del pozo a lo largo de las intervenciones del general Centeno. El recorrido turístico y la imposibilidad de acceder con facilidad al nivel freático son otros factores que complican la interpretación constructiva del pozo, añadiendo a esto el angosto espacio creado por la escalera helicoidal.

¿Pozo o bóveda, hilada o rosca?

La planta del pozo del Castillo de Burgos muestra una geometría simple basada en la intersección de dos anillos de fábrica, progresivamente uno de los anillos (el correspondiente a cada uno de los seis husillos figura 5) varía su posición con respecto al pozo.

Ahora bien, podríamos hacernos la siguiente pregunta, ¿estos anillos, en esencia, no responden a los mismos principios estáticos que una bóveda de cañón? En efecto, si establecemos un paralelismo entre

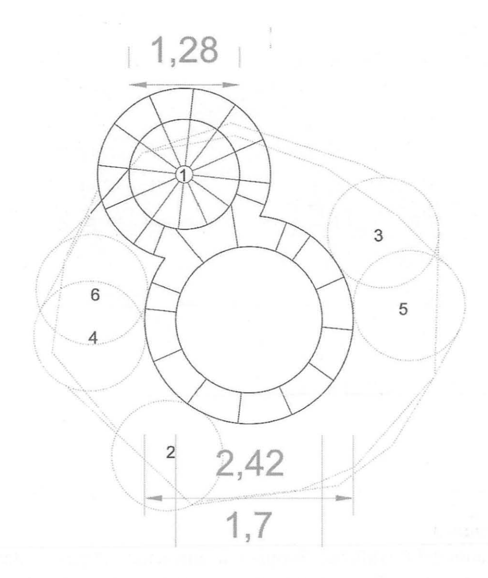


Figura 5
Secuencia de los husillos y escaleras a partir de infografía de Sáenz Ridruejo-García Castillo (Ruiz-Cristini-López Salas)

las piezas que conforman cada una de las hiladas del pozo y cada una de las roscas de una bóveda se aclara el concepto. Se evidencia que en el caso de la bóveda las solicitaciones producidas por el propio peso de las piezas (más las posibles sobrecargas), generan unos esfuerzos de compresión transmitidos a través de la línea de empujes, de manera que esta finaliza en los arranques. Del mismo modo, las hiladas del pozo del castillo de Burgos asumen las solicitaciones producidas por el empuje del terreno, generando también en este caso esfuerzos a compresión en todas las piezas, siempre y cuando la disposición de estas y su geometría cumplan con los principios fundamentales de ejecución de arcos. Esta disposición de dovelas, por otro lado, responde a evitar el fallo del arco (en este caso el anillo) por deslizamiento[26].

Análogamente, la pared circular del pozo no es más que un muro de sótano, cuyo acodalamiento se consigue por la propia geometría de sus hiladas[27]. La presión ejercida por el terreno depende, a su vez, de la deformabilidad del muro del pozo (en este caso prácticamente indeformable debido a su geometría) y de la propia deformabilidad del terreno. Dadas las

características de ambos, se puede considerar que en el caso de estudio, los muros asumen un empuje al reposo. Al atravesar diferentes estratos geológicos, la respuesta del terrenoes diferente (el subsuelo, por el cual penetra el pozo, posee características geotécnicas heterogéneas). Se van sucediendo de arriba hacia abajo estratos de piedra caliza, margas, limos y arcillas hasta llegar a un profundo nivel de arcillas y arenas, atravesado a su vez por bolsas de arenas y areniscas.

Por tanto, los anillos que forman el pozo pueden asociarse con un arco, o roscas de una bóveda de cañón, transmitiendo las cargas hasta los apoyos. Aunque con pequeños matices, en el caso de los anillos del pozo, el empuje al reposo del terreno es el factor que genera las tensiones y no, como sucede en un arco o bóveda, el peso de dovelas y del paramento (figura 6).

Por ende, ¿la ejecución de cada hilada del pozo no debería responder a los principios fundamentales que aparecen en la construcción de un arco?

Tal como expuso Moseley en 1835 (figura 7), las juntas entre dovelas de un arco han de ser concéntricas de manera que las líneas de presiones y las de reacciones coincidan evitando cualquier tipo de excentricidad y por tanto, producir tracciones.

De ahí la necesidad básica de insertar las últimas dovelas (claves) desde el extradós del arco o de la bóveda[28].De esta manera se puede garantizar que las caras de contacto entre dovelas es concéntrica. De otro modo, la propia geometría de la dovela, más ancha en el trasdós que en el intradós, haría imposible finalizar estos elementos. Solo en el caso de una bóveda de cañón, no sin dificultad, sería posible insertar la pieza de clave desde el plano frontal a la bóveda en ejecución (fig.8), algo por otro lado poco probable.

El empleo de todos estos conceptos (deslizamiento, líneas de empujes, empuje del terreno, etc.) no serían extraños para los constructores del pozo del castillo de Burgos, aunque obviamente entendidos desde una visión medieval.[29] En la época de construcción

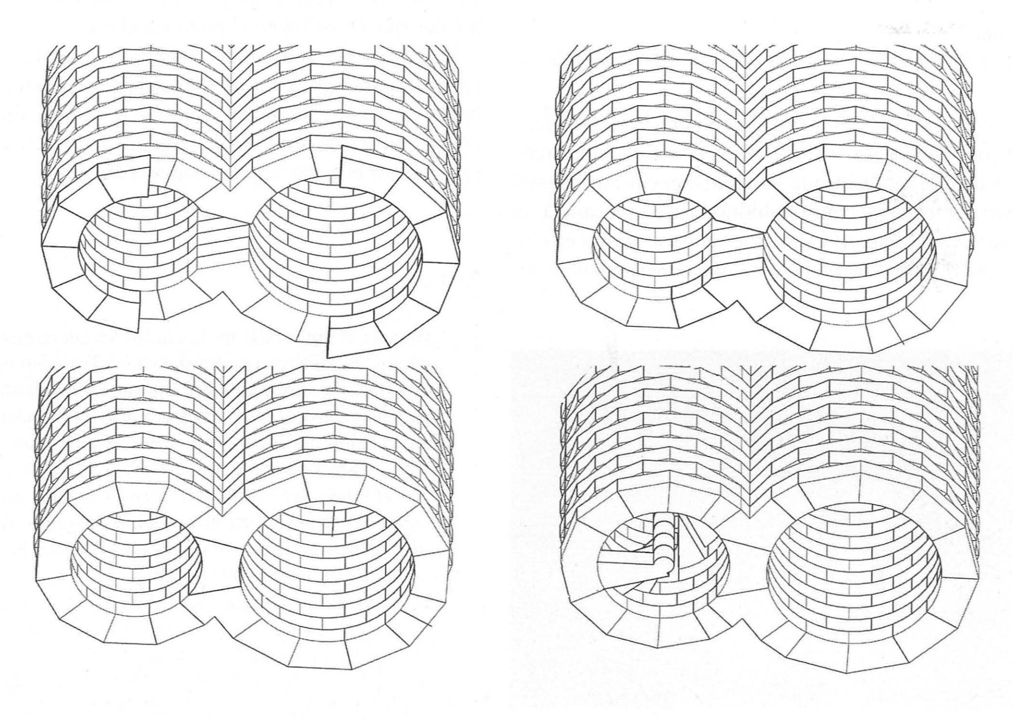


Figura 6
Hipotética secuencia de fases constructivas (Ruiz-Cristini-López Salas)

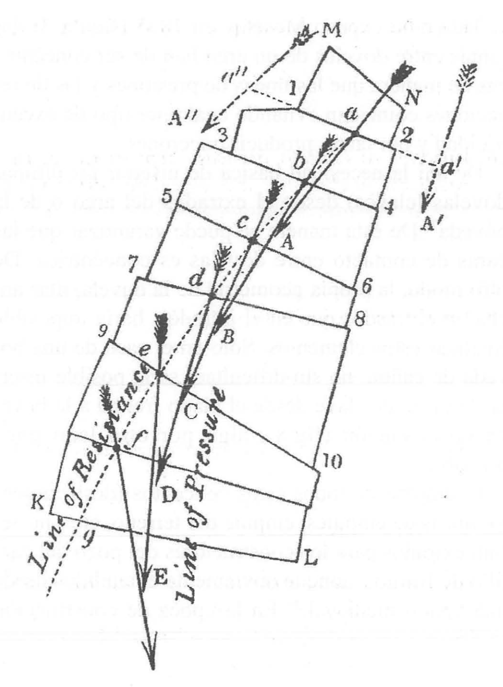


Figura 7
Líneas de empujes en un macizo de fábrica (Moseley-Huerta)

del pozo (s. XIII) es habitual que el maestro de obras no solo controlara la traza de las construcciones religiosas sino también que su competencia profesional abarcara técnicas como la hidráulica, la mecánica, la poliorcética, relojería, etc. Por tanto, su figura es clave en el cambio de paradigma que experimenta la sociedad entre los siglos XII-XIII. El reino de Castilla, y Burgos en particular, no serían ajenos a esta metamorfosis social que se va produciendo en toda Europa, siendo el pozo un ejemplo explícito de este proceso de avance tecnológico y de organización de una emergente sociedad[30].



Figura 8
Una de las «piezas de clave» del cilindro del pozo (Cristini

Conclusiones

Las intervenciones, modificaciones, sustituciones que han vivido las fábricas del pozo a lo largo de los siglos han permitido conocer y acceder al mismo, sin embargo también todas estas acciones dificultan hoy día la compresión constructiva del conjunto. No obstante es posible destacar que el pozo y los husillos que los acompañan, constituyen un *unicum*. Este hecho es avalado por la lógica constructiva y funcional que radica en su geometría. Para su comprensión es fundamental entender el conjunto, como una sucesión de roscas de una bóveda que soportan el considerable empuje del terreno. Desgranar el proceso constructivo revela así la gran coherencia de los elementos que constituyen el pozo-escalera.

Este binomio funcional y técnico, constituye un ejemplo paradigmático de singularidad constructiva medieval. Para ello queda abierta la investigación sobre posibles construcciones similares que ayuden a profundizar en estas lógicas constructivas[31].

Notas

1. «Durante el siglo XIII en la ciudad vivían numerosos gremios de canteros que trabajaban en la Catedralgótica, y dada la similitud entre los signos lapidarios de una y otra construcción, no parece descabelladodatar la construcción del Pozo en la segunda mitad del siglo XIII…» Sáenz Ridruejo C., García Castillo L.Mª, 2007,«El pozo del castillo de Burgos. Una gran obra de ingeniería medieval» en *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Burgos, Juan de Herrera Ed., Madrid, 2007 pp.789.
2. García Riesco F., López Muñiz Moragas G.2012, «Un documento inédito relativo a la exploración del pozo del Castillo de Burgos» en *Actas del IV Congreso de Castillología, Madrid 2012*, AEAC Ed., Madrid, pp.1139-152García Riesco F.2005, «El complejo sistema subterráneo del castillo de Burgos: un enfoque sobre sus elementos de substrucción castramental más

allá de la Heurística», *Actas del III Congreso de Castillología, Guadalajara, 2005*, AEAC Ed., Madrid, pp.501- 522.
3. Sagredo García J. 1999 «El misterio continua» en *El Castillo de Burgos, una recuperación en marcha*, Ayto. de Burgos Ed., Burgos, 1999, pp.288-297.
4. Ibáñez Montoya J., M. Álvarez Builla M.1997-1999, *Proyecto básico y de ejecución de actuación en la fortaleza del castillo de Burgos*, Ayto. Burgos, doc. Inédito.
5. Valdivielso Ausín B. 1997, «El pozo del Castillo» en *Seminario sobre el castillo de Burgos*, Ayto. de Burgos Ed., Cap.4.
6. Sagredo García J. 1999,»Un pozo que parece obra de encantamiento» en *El Castillo de Burgos, una recuperación en marcha*, Ayto. de Burgos Ed., Burgos, pp.297-304.
7. De Venero A.1538, *Historia de la Insigne ciudad de Burgos*, 1538, copia del original.
8. Cock E. 1879, *Jornada de Zaragoza a Tarazona*, 1592, copia del original, Imp. Tello, Madrid.
9. Op. Cit. E. Cock (1592-1879) pp. 46.
10. Prieto M.*Chronica y historia de la real ciudad de Burgos, Cabeça de Castilla*, Cámara de su majestad, manuscrito de la biblioteca Nacional, 22.096-22.097.
11. Barrio Villamor J.*Historia de Burgos, Manuscrito de un anónimo e de barrio,* Academia de historia H7, H8, H9.
12. Op. Cit., Barrio Villamor J. H7, H8.
13. De Palacios B. 2011, *Historia de la ciudad de Burgos de sus familias y de su Santa Iglesia*, copia del original, IMC Ed., Burgos.
14. Flórez E.1983, *España Sagrada*, 1771-72, copia del original, Ed. Aldecoa, Burgos.
15. Ponz A. 1988, *Viaje de España*, copia del original, Ed. Aguilar, Madrid.
16. Madoz P.1984, *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de Castilla y León. Burgos*. Ámbito Ed., Valladolid.
17. Op. Cit. P. Madoz (1984), Valladolid, pp.34.
18. Oliver Copons E. 1898, *El castillo de Burgos, 1893*, copia del original por J. Gómez de Arteche en *Boletín de la Real Academia de la Historia,* tomo 33, pp. 499-511.
19. Gil I.1913, *Memorias históricas de Burgos y su Provincia, Burgos*, Ayto. Ed., Burgos.

20. Lampérez V.1993, *Arquitectura civil española de los siglos X al XVIII*, copia del original Giner Ed., Madrid.
21. Centeneo L. 1927, *Excavaciones Arqueológicas en el Castillo de Burgos,* Imp. Monte Carmelo, Burgos.
22. Hergueta D. 1927, «El castillo y las murallas de Burgos» en *Bol. Com. Prov. De Monumentos Históricos y Artísticos de Burgos*, Burgos, nº20, pp.230.
23. Están bien documentadas por Valdivielso B. (1997) y Sagredo J. (1999).
24. Op. Cit. Valdivielso B. (1997), pp.525.
25. Op. Cit. Sáenz Ridruejo C., García Castillo L.Mª (2007) pp.790.
26. Huerta S. 2004, *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica,* Inst. Juan de Herrera Ed., Madrid, pp. 121.
27. García Valcarce A. et al...,*Manual de edificación. Derribos y demoliciones. Actuaciones sobre el terreno,* Ed. Universidad de Navarra, Estella, pp. 338-341.
28. Op. Cit. Huerta S. (2004), pp. 36-41.
29. ...*Dejando aparte el caso del célebre cuaderno de Villard de Honnecourt, la transmisión del conocimiento técnico y los instrumentos para su aplicación, las eventuales relaciones entre geometría constructiva —geometría fabrorum— ...Además de los edificios de culto, las fortificaciones y la arquitectura civil, maestros y obreros se afanaban en tareas mecánicas, diseñando y construyendo máquinas, levantaban puentes, abrían canales y acequias o alzaban estructuras efímeras. En todos estos frentes, encontramos la figura del maestro, con su bagaje de conocimientos técnicos y su capacidad de organización...*Serra Desfilis A. 2010, «La historia de la arquitectura gótica mediterránea en obras: procesos de construcción e interpretación de los edificios», en *Arquitectura en construcción en Europa en época medieval y moderna*, Ed. Universitat de Valencia, Valencia, pp. 24-25.
30. Whitney E. 1990, *Paradise Restored: The Mechanical Arts from Antiquity Through this Century*, American Philosophical Society Ed., Philadelphia, pp 40-45
31. Esta investigación ha sido posible también gracias a la participación de José Antonio López Salas, estudiante de grado (ETSAV-UPV), becario de colaboración del Dpto. de Construcciones Arquitectónicas, la ayuda de Ana Córdoba (Ayto. Burgos) y al profesor Yepes Piqueras (ETSICCP-UPV).

Lista de referencias

AA.VV. 1999. *Biblioteca Atrium de la Construcción, Vol.5, Elementos constructivos.* Colección Técnica de Bibliotecas Profesionales. Barcelona: Océano-Atrium.

AA.VV. 1995. *Manual de edificación, derribos y demoliciones y actuaciones sobre el terreno*, Estella, Cap. 1.3 Excavaciones. Eunsa -Universidad de Navarra.

Castro Villalba A. 1996. *Historia de la construcción medieval, aportaciones.*Pp.79-99. Barcelona: UPC.

García Riesco F. y G. López Muñiz Moragas. 2012. «Un documento inédito relativo a la exploración del pozo del

Castillo de Burgos». *Actas del IV Congreso de Castillología, Madrid 2012*, pp.1139-152.Madrid: AEAC.

García, Riesco F. 2005. «El complejo sistema subterráneo del castillo de Burgos: un enfoque sobre sus elementos de substrucción castramental más allá de la Heurística».*Actas del III Congreso de Castillología, Guadalajara, 2005*, pp.501- 522.Madrid: AEAC.

Graciani, García A. 2001.*La técnica de la arquitectura medieval en Arquitectura, Vol. 19,* pp. 150-152. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Gordon, J. E. 1999. *Estructuras o por qué las cosas no se caen*. Madrid: Celeste.

Huerta, S. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas; geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica.* Cap. El cálculo tradicional: la edad media, pp.133-181. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Rabasa Díaz, E. 2000. *Forma y construcción en piedra, de la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*.Madrid: Akal.

Rabasa Díaz, E. *Guía práctica de la estereometría de la piedra*, cap. 2 Anillo o arquitrabe. Centro de los oficios de León.

Ruiz Checa, J. R. 2012. *Torres exentas en el ámbito de Júcar Medio (Cuenca). Implantación territorial y caracterización constructiva*, tesis doctoral (inédita), cap. 7, técnicas constructivas y materiales. Valencia: UPV.

Sáenz Ridruejo, C. y L.Mª García Castillo. 2007.«El pozo del castillo de Burgos. Una gran obra de ingeniería medieval». *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp.789-790. Madrid: InstitutoJuan de Herrera.

Sagredo García, J. 1999.«El misterio continua».*El Castillo de Burgos, una recuperación en marcha*, pp.288-297. Burgos: Ayuntamiento de Burgos.

Sagredo García, J., 1999. «Un pozo que parece obra de encantamiento».*El Castillo de Burgos, una recuperación en marcha*, pp.297-304.Burgos: Ayuntamiento de Burgos.

Serra Desfilis, A. (coord.) 2010. *Arquitectura en construcción en Europa en época medieval y moderna*, Colección Cuadernos Ars Longa, nº2, pp.17-23. Valencia: Universitat de Valencia.

Thunnissen, H. J. W. 2012. *Bóvedas:su construcción y empleo en la arquitectura*, cap.1 geometría. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Valdivielso, Ausín B. 1997. «El pozo del Castillo». *Seminario sobre el castillo de Burgos*, Cap.4. Burgos: Ayuntamiento de Burgos.

Willis, R. 2012. *La construcción de las bóvedas en la edad media*, cap. 2: Construcción general de bóvedas. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Whitney, E. 1990.*Paradise Restored: The Mechanical Arts from Antiquity Through this Century*, pp. 40-45. Philadelphia: American Philosophical Society.

Un siglo de historia de la enseñanza de los materiales de construcción en la escuela de arquitectura de Madrid (1844-1946)

David Sanz-Arauz

Los arquitectos españoles siempre han atendido al estudio de los materiales, de una u otra forma, en todos los sistemas educativos en los que se han formado, desde los gremios hasta los actuales planes de estudio universitarios pasando por la Academia de Bellas Artes de San Fernando.

El libro de Benito Bails (Bails 1796), según el profesor Navascués en el estudio introductorio de la edición facsímil de 1983, fue en el que basaron sus estudios los arquitectos formados en la Academia, sobre todo en lo tocante a materias que hoy llamaríamos técnicas. Este libro dedica algunos capítulos a los materiales de construcción [páginas 150 a 186, materiales pétreos, artificiales y naturales; y el hierro; 306 a 335 maderas].

En 1799 catorce profesores elevaron a través de su secretario, Isidoro Bosarte, a la Academia un *Plan Nuevo* de reforma de las enseñanzas de las Nobles Artes. Se proponía el estudio de pintura y escultura por una parte y de la arquitectura por otra. En un extenso articulado la citada propuesta hace referencia a los materiales de construcción en dos puntos [letra cursiva añadida]:

> Art. 26. Se dispondrán cuadernos que den reglas generales de distribución, economía, unidad, sencillez, decoración y ornato de cada clase de edificios; uno sobre el avance de la obra; otro de leyes y ordenanzas municipales relativas a la arquitectura y *otro de historia natural para el conocimiento de los materiales* (Academia 1799).

En un anejo a la propuesta los autores pedían que la Academia *formara* o imprimiera y grabara los libros o cuadernos antes citados [letra cursiva añadida]:

> …y otro que contenga *la parte de historia natural sobre las propiedades de los materiales existentes* todos según se ofrecen en el artículo 26 (Academia 1799).

Esta propuesta anticipa ya los primeros planes de estudios fijando el orden de prelación y en cierto sentido organizando una estructura que luego se podrá observar mantenida en los planes y reglamentos ya publicados en la Gaceta.

Planes de estudios

A partir de 1844, con la creación de la Escuela Especial de Arquitectura durante el reinado de Isabel II, se promulga el primer plan de estudios formalizado con el nombre de las asignaturas a cursar por los alumnos (Gaceta del 28 de septiembre). En este plan ya aparecen los materiales incorporados en una asignatura de tercer curso: *Teoría general de construcción y análisis de materiales*.

Con la reforma de 1848 (Gaceta del 29 de noviembre), en la que se crea la escuela preparatoria, común con los ingenieros de caminos y de minas, en la parte de la enseñanza especial los materiales son segregados de la construcción y además aumentan su peso específico al colocar en segundo curso de la enseñan-

za especial una asignatura específica: *Análisis de materiales* y en el primer curso *Mineralogía y Química mineral aplicadas a las construcciones.*

En poco tiempo se suceden varios planes —1855, 1864, 1875, 1885, 1896— en los que los materiales van pasando de primero a segundo y teniendo siempre mucha relación con la química y la mineralogía. El plan de 1855 (Gaceta del 27 de enero) supone la supresión de la escuela preparatoria y se reúnen las enseñanzas en la llamada Escuela especial de Arquitectura. En un amplio preámbulo se hace hincapié, entre otras cuestiones, a la importancia del conocimiento de materiales de una manera específica para los arquitectos. La asignatura en este plan fue denominada *Mineralogía y química aplicadas a los usos de la arquitectura: análisis, fabricación y manipulación de materiales* y se daba en el segundo año, como la tercera clase de cuatro. En el siguiente curso se insistiría en los materiales, pero desde otra óptica, en la asignatura *Estereotomía de la piedra, madera y hierro.*

En 1857 se produce en todo el sistema educativo español una reforma de gran calado: La Ley Moyano (Gaceta del 10 de septiembre). En esta ley, los estudios de mayor rango quedaron divididos en facultades, enseñanzas superiores y profesionales. La carrera de Arquitectura quedó encuadrada en enseñanzas superiores, bajo la dependencia de la Universidad Central, y se indica que abraza la Mineralogía y la Geología. La trasposición de la Ley Moyano supuso un cambio en los estudios de arquitectura que volvieron a separar una parte inicial, de tres años, que se debía cursar en la Facultad de Ciencias y otra de cuatro en la Escuela Superior de Arquitectura. En el plan aprobado en 1858 y que se refleja en el reglamento de 1864 (Gaceta del 2 de diciembre) los materiales quedan de la siguiente manera: en segundo de la enseñanza especial *Nociones de Mineralogía y Química, con aplicaciones a los materiales de construcción, análisis y fabricación de estos*, y *Manipulación y empleo de los materiales, sus combinaciones como medio de construcción y decoración.*

En 1875 el Consejo de Instrucción pública accede a la solicitud de la Diputación provincial de Barcelona y dota de oficialidad a la Escuela Libre de Arquitectura de Barcelona, con un plan común en ambas escuelas. En este plan en la enseñanza especial se cursaba *Conocimiento de materiales* en primer curso. Denominación que se mantuvo en el plan de 1885, aunque en el Real Decreto de 7 de septiembre de 1896 con el nuevo Reglamento se cambie el nombre por el de *Aplicaciones científicas a la arquitectura* con dos cursos: primero Conocimientos y análisis de los materiales de construcción, cursado en el segundo año de la escuela especial, y segundo curso, *Salubridad e higiene de los edificios, abrazando la ventilación y calefacción.*

Con el cambio de siglo se gesta una reforma en profundidad, no sin tensiones, que da lugar a un plan de estudios extenso y de gran densidad: el de 1914. La asignatura consolida uno de los nombres con el que más tiempo se la ha identificado: el de *Conocimiento de Materiales.* En el plan de 1933 la asignatura cambia de nombre y pasa a denominarse *Materiales de Construcción*, como en la actualidad.

PROFESORES

En el primer plan de estudios publicado en 1844, con reglamento de 1845 (Gaceta del 30 de septiembre), los contenidos sobre materiales de construcción estaban incluidos en la asignatura de *Teoría General de las construcción, conocimiento y análisis de materiales.* El profesor encargado de esta materia fue Narciso Pascual y Colomer, según consta en la edición de 1846 de la Guía de forasteros en Madrid.

El plan cambia en 1848 y al aparecer la asignatura *Mineralogía y Química mineral aplicada a las construcciones* se hace necesario encontrar a un profesor especialista en la materia. La Guía de forasteros de 1849 indica que el primer profesor de esta asignatura es Juan Chávarri y Caudete, el cuál publicó un libro[1] al respecto en 1855 con el título Tratado de mineralogía, química y geología: aplicado a la construcción y decoración de edificios, que firma como Catedrático de Mineralogía en el Museo de Ciencias naturales y Catedrático de Química y Mineralogía en la Escuela Superior de Arquitectura. Este libro fue premiado por el Gobierno a petición de la Academia de Ciencias.

Juan Chávarri fue un profesor muy activo que compaginaba varios puestos entre el Museo, la Facultad de Ciencias y la Escuela de Arquitectura, incluso durante una temporada fue a la vez director interino del Observatorio Meteorológico. Es de suponer que el núcleo de su docencia estuviera en relación con su tratado.

Fue además un gran defensor de los laboratorios. El Instituto de Jerez, en el que impartió docencia antes de ingresar en la Universidad debe su laboratorio a su intervención. Incluso fue comisionado por el Gobierno para visitar al químico Mateo Orfila en la Universidad de la Sorbona en París para asesorarse de cara a la compra de material científico para las todas las universidades españolas (Sánchez Ron 1992). Así mismo le regala 205 minerales a la Escuela para conformar su primera colección (Sánchez 1858). Chávarri muere en 1876 y queda vacante su cátedra. En la Memoria de la Universidad Central de 1877 ya aparece Luis Cabello y Aso como profesor interino al cargo de Conocimiento de materiales.

En 1878 se proveyó la cátedra por turno de concurso y se presentaron varios aspirantes, entre ellos Luis Cabello, no satisfaciendo al tribunal ninguno de ellos. Pese a una serie de recursos por parte de los aspirantes la cátedra sale a oposición en 1896, momento en el cuál hay un plan nuevo en el que la asignatura engloba dos niveles, el primero de materiales propiamente dicho y el segundo de salubridad e higiene, ventilación y calefacción, por lo que se pedía a los aspirantes que superaran dos ejercicios, el primero consistía en analizar un material y en el segundo proyectar una parte de un edificio público y desarrollar gráficamente las condiciones de ventilación, calefacción, condiciones ópticas y acústicas. A la plaza, entre otros, se presentaron Cabello y Lluis Domenech i Mountaner, ganándola Cabello, cuyos méritos como interino debieron favorecerle. Domenech sería catedrático de materiales en la Escuela de Barcelona (Prieto 2004).

Luis Cabello tenía un perfil más asociado con las materias artísticas, de hecho su contribución más importante fue el libro Estética de las artes del Dibujo, obra premiada en las exposiciones de Filadelfia del 1876 y de Barcelona de 1888. Pese a ello y pese a significarse a favor de una visión de la construcción al servicio del arte, defendió la importancia de los materiales y la necesidad de la dotación de un Laboratorio de ensayo, según dictaba el reglamento de 1896. En cualquier caso su posición respecto a los materiales se puede considerar como conservadora, a juzgar por sus opiniones vertidas en el Congreso Nacional de Arquitectos (1881), en esta reunión se discute como uno de los temas del congreso el papel del hierro y Cabello dice que es más propio de obras de ingeniería que de arquitectura y que existe un orden de nobleza de los materiales: piedra, ladrillo, madera y finalmente hierro.

En 1914 aparece la noticia de la muerte de Cabello en La Lectura Dominical: «El virtuoso señor D. Luis Cabello y Aso, notabilísimo arquitecto y académico de la de Bellas Artes de San Fernando». Ese mismo año se nombra por Real Orden a Martín Pastells y Papel catedrático por méritos de Conocimiento de materiales y salubridad e higiene de los edificios (Gaceta del 27 de agosto).

Pastells, había ganado una cátedra con anterioridad de Análisis matemático en la Universidad de Oviedo a la que renunció. Fue arquitecto municipal de Zamora y de Alcalá de Henares, donde tiene algunas obras de interés, como el cementerio municipal, el matadero, el Círculo de Contribuyentes y la Ermita de Nuestra Señora del Val. Obras todas ellas de marcado estilo neomudéjar (COAM 1991). En Zamora hizo también en la misma línea la plaza de toros.

En 1918 Pastells se cambia a la cátedra de Resistencia de materiales e Hidráulica y deja vacante la de



Figura 1
Martín Pastells y Papel (foto Museo Municipal Alcalá de Henares)

Conocimiento de materiales y Salubridad e Higiene, que la solicita César Cort y Boti. Ese mismo año César Cort publica en la revista Arquitectura un artículo sobre el laboratorio (Cort 1918) en el que agradece los esfuerzos anteriores de Pastells y Grasset.

Eugenio Grasset y Echevarría era profesor auxiliar de materias científicas, encargado en especial de Conocimiento de materiales. Es muy probable que Grasset fuera el profesor efectivo de esta asignatura, pese a que oficialmente fuera la cátedra de Cort, ya que este último estaba más interesado en las relaciones de la Salubridad e Higiene con la ciudad y su planificación, de hecho firmaba en los periódicos como Catedrático de Urbanología sin que esta asignatura existiera todavía. César Cort tuvo una vida pública muy notable, siendo uno de los concejales electos en las municipales de 1931, por la candidatura monárquica.

Finalmente Grasset es nombrado catedrático por concurso entre auxiliares de Materiales de Construcción y Trabajos de Laboratorio en 1934 (Gaceta de 9 de abril), aprovechando que Cort opta a la recién creada asignatura de Urbanología. Grasset se mantendrá en la cátedra hasta su muerte en 1942.

Tras el fallecimiento de Grasset, se quedó Miguel Ángel Esteve Vera al cuidado de la asignatura, en calidad de interino, mientras se convocaba y resolvía la oposición a catedrático, según el procedimiento establecido por RD en 1933. Este concurso tuvo muchas idas y venidas, convocándose en varias ocasiones, con diferentes aspirantes, hasta que se resolvió en 1946 con la obtención de la cátedra por parte de An-



Figura 2
César Cort (Revista Crónica 1931)

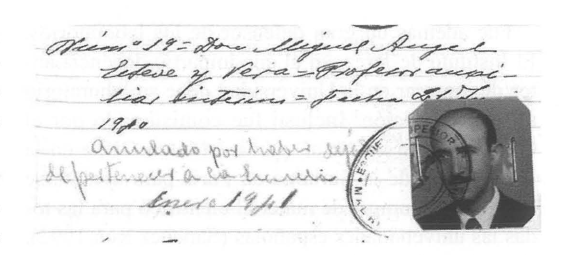


Figura 3
Carné de Miguel Ángel Esteve Vera (AETSAM)

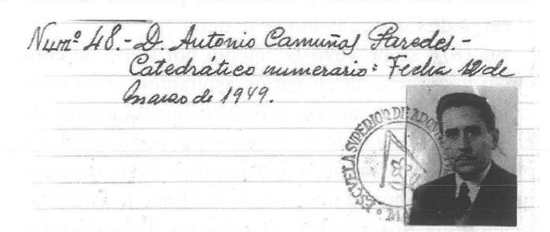


Figura 4
Carné de Antonio Camuñas (AETSAM)

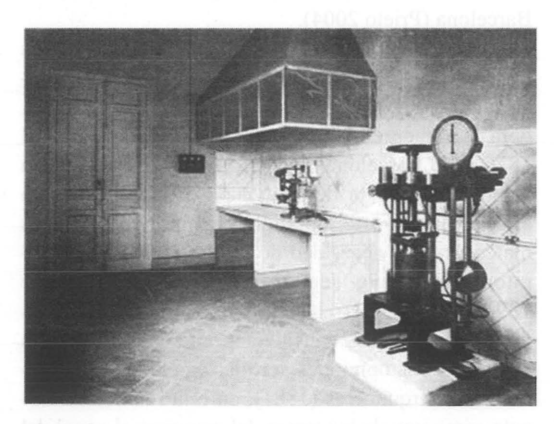


Figura 5
Máquinas de ensayo en el laboratorio de materiales (Cort 1918)

tonio Camuñas Paredes, que la ejercería hasta su jubilación en 1975. La cátedra continuó con la denominación de Materiales de construcción y Trabajos de Laboratorio.

El laboratorio de materiales

En el Capítulo IV del plan de 1844, dedicado a los medios materiales de la enseñanza se anticipa la existencia de un gabinete de materiales, al iniciar en el punto cuarto del artículo 27 que habrá «Ejemplares mineralógicos de las varias materias que se emplean en las obras de arquitectura y también de maderas y trozos de construcción de los edificios antiguos y modernos». En el reglamento de 1896 se incluía en el artículo 10 el laboratorio como una parte de la escuela, como la biblioteca y las aulas, aunque todavía no existía físicamente.

	SIGLOS XVIII Y XIX		
Plan de estudios	**Nombre de la asignatura o asignaturas**	**Catedrático**	**Libros**
	Sala de Arquitectura de la Academia de Nobles Artes de San Fernando		
1799	*Historia natural aplicada a los materiales*		BAILS (1796) De la arquitectura civil
	Escuela Especial de Arquitectura, 1844		
1844	Teoría general de la construcción y análisis de materiales [3º]	Narciso Pascual y Colomer	
1848	Mineralogía y Química mineral aplicada a las construcciones [1º]	Juan Chávarri y Caudete 1849	
	Análisis de materiales [2º]		
1850	Mineralogía y Química mineral [1º]		
1855	Mineralogía y Química aplicada a los usos de la Arquitectura: análisis, fabricación y manipulación de los materiales [2º]		
	Escuela Superior de Arquitectura de Madrid, 1857		
1864	Nociones de Mineralogía y Química [2º]		Muñoz y Salazar (1859) Tratado de materiales de construcción
	Escuela Especial de Arquitectura de Barcelona, 1875		
1875	Conocimiento de Materiales [1º]	Luis Cabello interino desde 1877	
1885	Conocimiento de Materiales [2º]		Pardo (1855) Materiales de construcción
1896	Aplicaciones científicas a la arquitectura, comprende Conocimiento y Análisis de Materiales de Construcción [1º]	Luis Cabello y Aso 1886	Barré (1898) Materiales de construcción: su empleo y resistencia

Tabla 1
Enseñanza de los materiales en la los siglos XVIII y XIX



Figura 6
Laboratorio de materiales a principios del siglo XX (Cort 1918)

En el III Congreso Nacional de Arquitectos (1904), uno de los temas de debate fue precisamente el establecimiento del laboratorio. Luis Cabello firma una ponencia junto con Miguel Beltrán, auxiliar en Barcelona, en la que defienden esta dotación y logran un acuerdo del congreso para elevar una solicitud de 125000 pesetas para cada escuela. No será hasta 1916 cuando llegue a la Escuela el deseado Laboratorio de Materiales, con una parte de análisis químico y mineralógico de materiales —continuando la tradición anterior— y un área de ensayos de propiedades mecánicas, fundamentalmente mediante balanzas de Michaelis y una prensa Amsler para ensayos a flexotracción y compresión respectivamente.

Es interesante resaltar que el Reglamento de 1914 (Gaceta del 24 de octubre) cambia el contenido del artículo primero respecto al Reglamento anterior de 1896 [letra cursiva añadida].

> Artículo 1° La Escuela Superior de Arquitectura, establecida en Madrid, tiene por objeto:
> 1° Dar la enseñanza especial y completa de este ramo de las Bellas Artes.
> 2° Declarar la aptitud para obtener el título de Arquitecto.
> 3° *Hacer los reconocimientos y ensayos de materiales de construcción que ordene la Superioridad o soliciten los particulares.*

	PRIMERA MITAD SIGLO XX		
Plan de estudio	**Nombre de la asignatura o asignaturas**	**Catedrático**	**Libros**
1914	Conocimiento de Materiales: análisis y manipulación [1º]	Pastells 1914 Cort 1918	Mills (1915) Materials of construction: their manufacture, properties and uses
Laboratorio de Materiales de la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid, 1916			
1933	Materiales de Construcción [2º]	Grasset Echevarría 1934	Anstett (1921) Essai et analyse de materiaux
		Esteve Vera 1942 interino	Foester (1928, 35 y 44) Materiales de construcción
		Camuñas 1946	
Ley de Enseñanzas Técnicas, 1957			

Tabla 2
Enseñanza de los materiales hasta 1957

La existencia de este laboratorio queda recogida, como ya se ha comentado más arriba, en el primer número de la revista Arquitectura en un artículo de César Cort. Se ve con esto que la Escuela procura adaptarse al movimiento científico general que se interesa por los ensayos de las propiedades de los materiales, reflejados en libros contemporáneos como el de Mills de 1915 y un poco más adelante en el de Anstett; libro, este último, que gozará de varias ediciones posteriores y será de notable influencia, sobre todo en las escuelas de ingeniería.[2]

NOTAS

1. En 1871 la Gaceta recoge el agradecimiento del Rey a través del Director general de Instrucción Pública Montejo de la donación de cuarenta y nueve ejemplares del Tratado a las bibliotecas populares de Madrid. Gaceta de Madrid 20710/1871. P. 219. Tomo III.
2. El autor agradece los esfuerzos y aportaciones de Guillermo Cabeza Arnáiz y de Pilar Rivas Quinzaños para la elaboración de este documento. Así mismo se agradecen las facilidades para la investigación ofrecidas por el Servicio Histórico del COAM, en la persona de Alberto Sanz y por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la UPM y su personal de Biblioteca.

LISTA DE REFERENCIAS

ABASF Academia de Bellas Artes de San Fernando. 1799. *Plan de Estudios para la academia de San Fernando propuesto por profesores en 1799*. Manuscrito Nº 21.454 (4). Madrid: Biblioteca Nacional de España.

AETSAM Archivo Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Anstett, F. 1921. *Cours d'analyse et d'essai des matérriaux de construction*. Paris: Ecole Spéciale des Travaux Publics.

Bails B. 1796. *De la arquitectura civil*. Edición facsímil 1983. Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia.

Chávarri, J. 1855. *Tratado de mineralogía, química y geología: aplicado a la construcción y decoración de edificios*. Madrid: Imprenta del Colegio de Sordo-Mudos.

COAM. 1991. *Arquitectura y desarrollo urbano en la Comunidad de Madrid*. Tomo XIV. Alcalá de Henares. Madrid: Dirección General de Arquitectura y COAM.

Cort, C. 1918. «El laboratorio de conocimiento de materiales de la escuela superior de arquitectura de Madrid». *Arquitectura* nº1 p.5-6.

Gaceta. Colección Histórica de disposiciones y noticias publicadas en los diarios oficiales desde 1661 hasta 1959.

Mills, A. 1915. *Materials of construction: their manufacture, properties and uses*. New York: John Wiley and sons.

Prieto, J. M. 2004. *Aprendiendo a ser Arquitectos. Creación y Desarrollo de la Escuela de Arquitectura de Madrid (1844-1914)*. Madrid: CSIC.

Sánchez, J. 1858. «Don Juan Chávarri y Caudete». *Escenas contemporáneas* nº 3. Pp. 259-267.

Sánchez Ron, J. M. 1992. «Las ciencias físico-matemáticas en la España del Siglo XIX». *Ayer* nº 7, pp 51-84.

Sociedad Central de Arquitectos. 1883. Sesiones del Congreso Nacional de Arquitectos. Gregorio Juste. Madrid.

Sociedad Central de Arquitectos. 1904. *Actas del III Congreso Nacional de Arquitectos*. Barcelona: Tipografía Seix.

Universidad Central. 1877. *Memoria del curso académico*. Madrid.

El terremoto de Palermo del 1726 y la intervención del Senado para su reconstrucción

Federica Scibilia

La Sicilia es una zona fuertemente sísmica y los terremotos son una realidad repetida en la historia de su territorio. El análisis histórico de las fuentes que hacen referencia a estos eventos, tanto los textos impresos como sobre todo los documentos, encuentran una amplia confrontación en la gran cantidad de información presente en los archivos locales. Estas fuentes se pueden analizar bajo diferentes aspectos, desde los sociales (Ligresti 1992; Gallo 1997, 385-390) y los económicos hasta aquellos urbanos, pero proporcionan también información interesante en relación a la arquitectura, y concretamente, la historia de la construcción, tema principal de interés de este artículo.

El 1 de septiembre del 1726 por la noche se produjo en Palermo un terremoto destructivo, clasificado como de grado 8,5 en la escala Mercalli (MCS) (Boschi et al. 1997, 11), que provocó considerables daños en numerosos edificios y sobre todo a aquellos situados en las áreas próximas a los cauces de los antiguos ríos Kemonia y Papireto y en la zona saneada del antiguo puerto de la ciudad. Estas zonas se caracterizaban por ser terrenos de relleno, por lo tanto, escasamente compactos y resistentes y de consecuencia fueron mayormente sujetas a los efectos de las acciones sísmicas. En esta ocasión, por primera vez, se abre camino una visión «científica» del fenómeno sísmico que pone en relación la naturaleza geológica del suelo con la vulnerabilidad sísmica de los edificios, como se deduce de las cuidadosas cartografías realizadas poco después del terremoto, como por ejemplo uno de los dibujos de Domenico Campolo (figura 1), en el que se observa como los mayores daños se produjeron en correspondencia con estas zonas (Casamento 2004, Casamento 2012).

La presente aportación pretende reconstruir el papel determinante que tuvo el Senado palermitano poco después del catastrófico evento, contrastando los datos deducibles de las crónicas y de la iconografía de aquella época con los documentos inéditos descubiertos en recientes investigaciones archivísticas, ya que éste realizó acciones tempestivas de seguimiento de los daños y promulgó las disposiciones necesarias para la gestión de la emergencia y sobre todo para la reconstrucción de los edificios dañados.

A diferencia de otros terremotos catastróficos que sufrió anteriormente la isla, de entre los que destaca el desastroso de 1693 en la Sicilia Oriental, el terremoto del 1726 que golpeó Palermo y algunos centros de la Sicilia Occidental (figura 2), a pesar de provocar daños notables, no supuso la reconstrucción in situ de la ciudad, sino que más bien hizo necesario volver a conectar áreas urbanas o reconstruir partes de edificios.

De toda la información analizada, merecen especial atención los informes redactados poco después del terremoto, cuatro de los cuales fueron encargados por el Senado de Palermo (Antonucci 1726; Mongitore 1727; Ruffo 1726; Vitale 1726), ya que se perfilan como balances detallados de los daños sufridos por las fábricas, y en ellos se realizan una serie de reflexiones, aunque aún de forma empírica, que parece

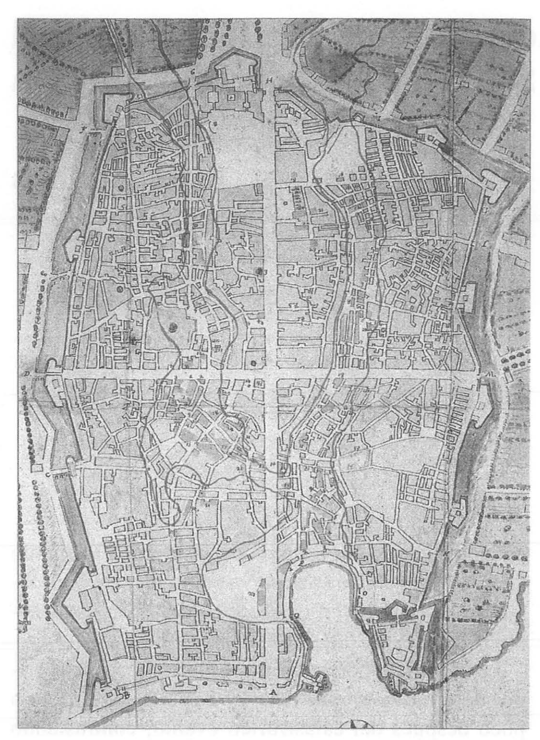


Figura 1
D. Campolo, Plano de Palermo (1726) en el que se evidencian los cauces de los ríos Kemonia y Papireto y la zona del antiguo puerto (Casamento 2012)

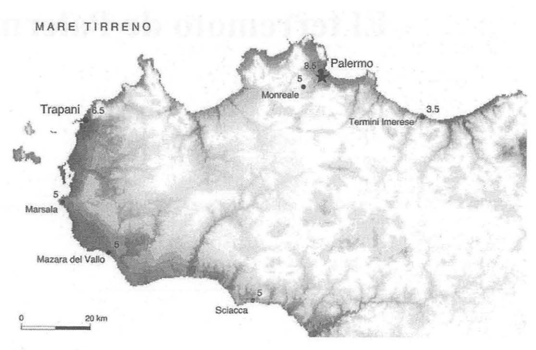


Figura 2
Distribución territorial de los efectos del sismo del 1 de septiembre del 1726. El símbolo con forma de estrella indica el epicentro del terremoto (Guidoboni y Mariotti 1999)

que pongan en relación los daños o las lesiones con los materiales y las técnicas constructivas empleadas. De entre estos textos impresos, el más significativo es el volumen de Antonino Mongitore, *Palermo, ammonito, penitente e grato mel formidabil terremoto del primo Settembre 1726* (Mongitore 1727). El libro, en el intento de mostrar «las memorables ruinas producidas en el Terremoto» (Mongitore 1727, 5), testimonia los notables daños que han sufrido los edificios, a través del enumeración de las desastrosas consecuencia en el patrimonio edificado de la ciudad como consecuencia de las acciones sísmicas.

En aquella época, el tejido urbano de Palermo ya estaba dividido en cuatro barrios o «*mandamenti*» que desde el cruce de calles representado por el Cassaro (actual corso Vittorio Emanuele) y la calle Maqueda, abierta en dirección ortogonal a principios del siglo XVII son: el barrio de Santa Ninfa o Capo en el Nord-oeste (actual Monte di Pietà); el barrio de Santa Oliva o de la Loggia en el Nord-este (actual Castellammare); el del Santa Cristina o Albergheria en el Sur-oeste (hoy en día denominado Palazzo Reale); y por último el de Santa Agata o Kalsa en el Sur-este (en la actualidad Tribunali). Los efectos del terremoto se distribuyeron de forma irregular en el interior del área urbana, como se aprecia en el plano grabado por el padre Antonino Bova (figura 3), en la cual se indicaban «los lugares arruinados por el terremoto» según cada barrio.

El balance de los daños se realiza partiendo de los de Santa Cristina que, según Mongitore, sufrió los menores daños. El texto es de gran interés desde el momento que permite realizar algunas consideraciones sobre la gestión de la emergencia por parte del Senado ciudadano y sobre algunas intervenciones de reconstrucción. Debido a la emergencia se buscó de inmediato evitar los peligros de derrumbe mediante la realización de obras provisionales y, en particular, de operaciones de apuntalamiento realizadas con vigas de madera, como también ha sido posible contrastar puntualmente en los documentos del archivo. En estos casos, de hecho, se recalcaba como «algunas casas de particulares sufrieron las sacudidas y, para asegurarse de nuevas, y temidas réplicas, se recurrió a la ayuda de vigas para sostener» (Mongitore 1727, 22); por el mismo motivo se testimoniaba la demolición de diversas torres campanario, como en el caso de la iglesia de Santa Clara anexa al homónimo monasterio, en la que el campanario, en peligro

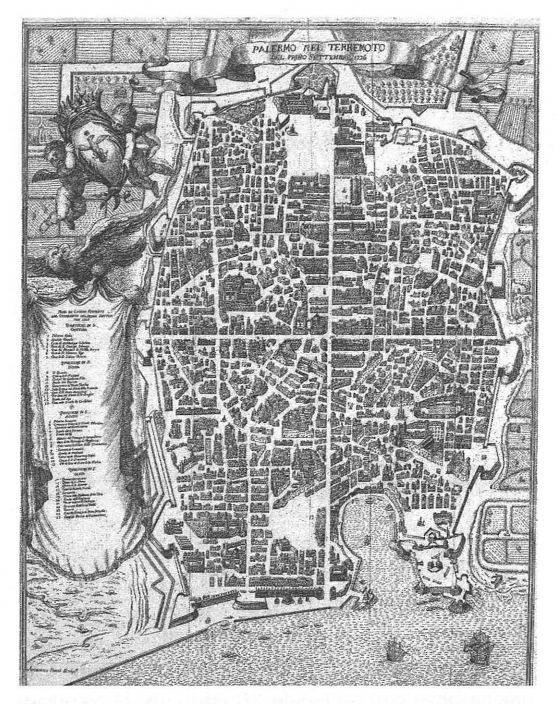


Figura 3
A. Bova, Palermo tras el terremoto del 1 septiembre del 1726 con la indicación de los edificios dañados (Mongitore 1727)

inminente de derrumbe, tuvo que ser «derribado» y reconstruido (Mongitore 1727, 22).

En algunos casos la reconstrucción se basó en intervenciones ya experimentadas en la praxis constructiva, orientadas a la adopción de soluciones antisísmicas, como la inserción de tirantes de hierro, ampliamente documentados en la consolidación estructural de bóvedas y cúpulas que, por su carácter de elementos que trasmiten empujes, tienen un alto grado de vulnerabilidad sísmica, como había demostrado la aparición de lesiones frecuentes en estas estructuras con motivo del mencionado terremoto. La intervención más común consistía en la introducción de tirantes de hierro en la reparación de las lesiones existentes, como en el caso de la iglesia del San Salvador en el Cassaro, donde se detectaron daños en la fachada, en las fábricas externas, en la capilla de San Basilio, en la cornisa, en la sacristía y en la cúpula.

Y también se utilizaron tirantes de hierro para la consolidación de los muros dañados mediante la realización de contramuros, es decir, forros con sillares apenas desbastados, solidarizados con barras metálicas con función de conexión transversal [figura 4].

La acción también se centró en la eliminación de todos los elementos constructivos considerados en peligro de futuros colapsos y daños como lo eran todos los elementos decorativos pesados: vasos, corni-

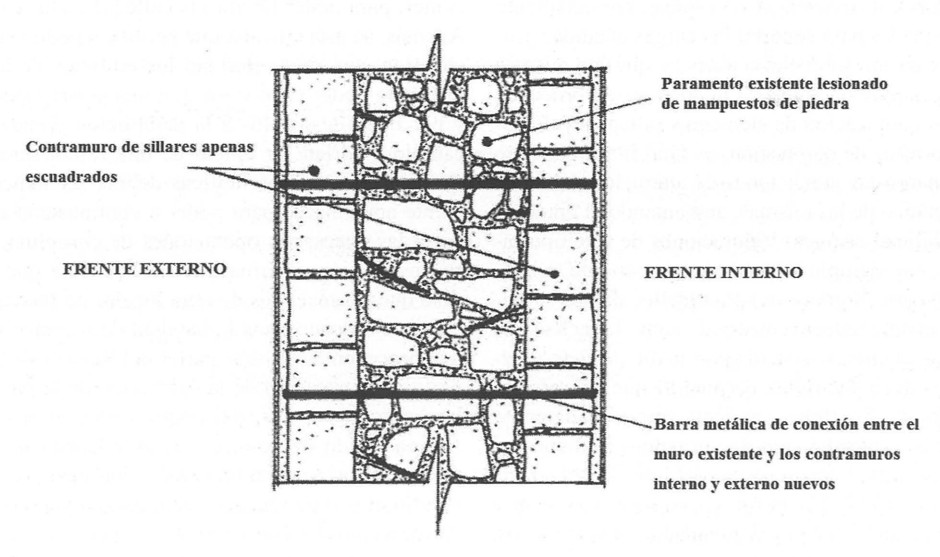


Figura 4
Consolidación de un muro con barras de hierro (Campisi y Fatta 2009)

sas, balaustres o elementos salientes, colocados en la mayoría de las veces en las fachadas de las iglesias y de los palacios, o también en el interior, y que a menudo carecían de un adecuado sistema de anclaje. Así, por ejemplo en la descripción de los desperfectos que atañen al barrio de la Kalsa, se hace referencia al derrumbe de un vaso de piedra desde lo alto del palacio del Senado (Mongitore 1727, 23), así como a la caída de un pesado pedestal de piedra que sujetaba una cruz de hierro encima de la portada principal de la iglesia de San Nicolò da Tolentino, que junto al convento, sufrió notables daños[1].

Después, otras intervenciones muestran como en la descripción del evento sísmico se empieza a evidenciar una relación entre los daños sufridos y los añadidos deducibles en los edificios, con relación en particular a las sobreelevaciones, que afectaban no solamente a los edificios enumerados, sino también a los edificios áulicos (tanto viviendas aristocráticas como iglesias y conventos), la mayoría de los cuales se habían formado en el tiempo a través de ampliaciones progresivas. Estos añadidos no sólo se habían realizado con técnicas constructivas y materiales diferentes de los preexistentes, si no que la mayoría de las veces los aparejos de los muros de nueva ejecución no se trababan con aquellos de la construcción más antigua, provocando así el debilitamiento de toda la estructura. Si a ello se asocia el hecho que las estructuras con frecuencia no estaban correctamente dimensionadas para soportar las cargas añadidas procedentes de las sobreelevaciones, y que las mismas fábricas estuvieron sujetas a la apertura desordenada de vanos[2], colocación de elementos salientes y de pesadas cornisas de coronación, es fácil intuir como se determinaron las condiciones de alteración del equilibrio estático de las mismas, aumentando el grado de vulnerabilidad sísmica. Valoraciones de este tipo indujeron, por ejemplo, a demoler una parte de la iglesia de Nostra Signora del Ponticello, donde se derrumbó el anteoratorio construido sobre la fachada de la iglesia, el cual se sostenía por medio de siete «*gattoni*» (es decir ménsulas de piedra) que sobresalían alrededor de 6 palmos, es decir, aproximadamente 1,5 metros (considerando que el palmo siciliano corresponde a 25,8 cm) respecto del hilo de la fachada (Mongitore 1727, 22). Por tanto, en este caso se hace referencia también a la peligrosidad de los voladizos, identificando como elementos críticos de la construcción todos los elementos salientes que podían contribuir al vuelco de las fachadas, que por norma general estaban compuestos principalmente por balcones y por cornisas de coronación, siempre y cuando no estuvieran correctamente anclados a los muros. Y por lo demás, el hecho de que los salientes de piedra eran elementos particularmente frágiles había sido corroborado en un despacho real dirigido al Senado de Palermo, emitido poco después del mencionado terremoto (10 de septiembre del 1726), que contenía una serie de prescripciones de carácter técnico, de entre las cuales la prohibición del uso de ménsulas de piedra en los balcones (La Duca 1995). Esta disposición, que puede considerarse como la primera norma verdaderamente antisísmica de ámbito local, surgía del hecho de darse cuenta de que al derrumbe de muchos edificios había contribuido de forma determinante el peso de los balcones de piedra que sostenían a su vez pesadas placas de piedra de grandes dimensiones, imponiendo por ello que los balcones se tuvieran que construir con placas de pizarra («*balate di Genova*») y sostener con ménsulas de hierro.

De entre las otras normas contenidas en el despacho se ordenaba la demolición de los elementos que amenazaban con caerse de los edificios; la recuperación de materiales como la piedra y la madera, para poder reutilizarlos en la reconstrucción, y el transporte a los vertederos públicos, situados fuera de la ciudad, de la tierra y de los residuos de las demoliciones, para poder liberar las calles (La Duca 1995). Además, se especificaba que peritos expertos inspeccionaran con gran celeridad los edificios de la ciudad, para poder valorar los que fueran irrecuperables y por tanto destinados a la demolición y cuales, en cambio, podrían ser objeto de una restauración. En este último caso, las fábricas debían ser inmediatamente apuntaladas para poder a continuación proceder a las necesarias operaciones de consolidación y reconstrucción. Además, se determinaba que en el caso que los maestros de obra locales no fueran suficiente, el Senado tenía la facultad de reclamar maestros procedentes de otras partes del Reino y de proceder a un incremento de la extracción de la piedra en las canteras locales, así como a un suministro en tiempo rápido de yeso, cal, tejas y ladrillos, ya que durante el proceso de reconstrucción habría sido necesario el uso de una gran cantidad de materiales de construcción (La Duca 1995).

Estos datos han sido contrastados en una serie de documentos encontrados gracias a una exhaustiva in-

vestigación archivística que ha permitido sacar a la luz una serie de nuevos aspectos.

La investigación ha sido llevada a cabo principalmente en el *Archivio Comunale di Palermo*, en cuyo fondo *Bandi e provviste*, sustancialmente inexplorado hasta el día de hoy durante el periodo analizado, y que ha permitido reconstruir el papel que tuvo el Senado, reconstruyendo un cuadro detallado de las disposiciones emprendidas por el municipio de la ciudad. Es posible conocer desde las tarifas aplicadas en las obras de fábricas de piedra hasta los pagos realizados a los maestros implicados en la reconstrucción y en varios niveles involucrados en los eventos sucesivos al terremoto, desde los informes sobre los daños a los edificios y las intervenciones a realizar hasta los «capítulos» dirigidos a la reconstrucción, redactados por los maestros albañiles, que concuerda en pleno con lo prescrito en el citado despacho real.

El primero de estos documentos en orden cronológico es del 14 de septiembre del 1726 y hace referencia a una medida emanada tempestivamente por el Senado para evitar fenómenos especulativos por parte de los maestros constructores, con la cual se establecían las tarifas a utilizar para el suministro de los materiales de piedra. Se hace correlación al hecho que tal medida siguiera a otros dos actos anteriores del Senado (desafortunadamente no encontrados) que hacían referencia al abastecimiento de la madera y de las compensaciones para los «maestros albañiles, peones, maestros de hacha y sus trabajadores, y otros obreros». Los maestros estaban diferenciados en función a su profesionalidad, entre «*pirriatori*» (es decir los piconeros encargados de la extracción del material en las canteras) y «*intagliatori*» (o sea obreros especializados en el corte de la piedra para los arcos y las ventanas). El documento proporciona indicaciones específicas sobre las principales canteras de extracción de bloques de piedra, situadas tanto en la proximidad de la ciudad como en los alrededores del término palermitano. En el caso de las canteras locales se prescribe el uso de piedra de Cifuentes, de piedra de Passarello (en la localidad de Vergine Maria) y de piedra de la Silvera que se encontraba en la localidad del mismo nombre, en las proximidades del callejón di Mezzomonreale (actual corso Calatafimi). Además, se recomienda el uso de la piedra del Aspra, una calcarenita con bioclastos, extraída en las canteras de la homónima localidad extraurbana, en las proximidades de Bagheria[3], que resultaba ser el material mayormente utilizado en las obras del siglo XVIII, gracias a sus buenas características de resistencia y trabajabilidad, que la hacían idónea para el corte de la piedra (Montana y Scaduto 1999).

Asimismo, resulta significativa la adopción de una terminología específica que ha permanecido en uso hasta los primeros años del siglo pasado y la indicación de las dimensiones de los bloques a utilizar para la reconstrucción de las fábricas y de sus relativos precios. A continuación (tabla 1), se indican las dimensiones de los siguientes elementos (figura 5) expresadas en palmos (25,8 cm)[4]:

Como confirmación de lo ya contenido en el citado despacho real, es necesario destacar que muchos de los documentos examinados hacen referencia a los informes realizados por los maestros albañiles, cuya colaboración temporal se extiende entre un arco cronológico que abarca desde el 16 de septiembre del 1726 hasta todo el mes de junio del 1727. Algunos son escritos sintéticos, en cambio, otros son más complejos y detallan el estado de las fábricas, prescribiendo las acciones a realizar para evitar ulteriores daños y facilitando también indicaciones sobre la reconstrucción.

De hecho, ya pocos días después del terremoto, el municipio de la ciudad encargó al Cónsul de la Ma-

Elemento	Largo (palmos)	Ancho (palmos)	Alto (palmos)	Correspondencia en cm
chiapponi	2	1,33	2	51,6x34,31x51,6
chiappe	2	1,25	1	51,6x32,25x25,8
palmarizzi	2	1	1	51,6x25,8x25,8

Tabla 1
Los precios de los mencionados elementos se fijaban a «carrozzata», llamada así porque coincide con el sistema de transporte utilizado (el carro), mientras que los elementos para particiones (llamados «*spangalori, terzalori e timpagnoli*») se compensaban a número (centear o «*centinaro*»)[5]

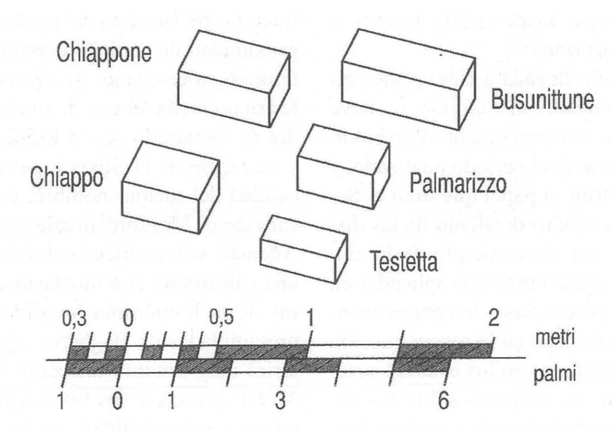


Figura 5
Las dimensiones de de algunos elementos de piedra según la *Misura degli elementi delle fabbriche* del 1741 (Giovannetti 1997)

estranza de los albañiles de Palermo, el maestro Paolo Di Giovanni y al maestro constructor Giuseppe Forceri, en calidad de «jefe de los maestros de las obras del excelentísimo Senado» de la ciudad, la redacción de numerosos informes sobre los edificios dañados para valorar las condiciones de las fábricas y vigilar la posibilidad de reparaciones y de eventuales demoliciones. Haciendo un reconocimiento general se vislumbra que muchos edificios, de los cuales se proporciona su localización precisando también los límites, se encuentran en los barrios de la Kalsa y del Capo, y que además según Mongitore sufrieron los daños más importantes. No siempre es posible identificarlos con precisión, pero el estudio paralelo de la cartografía existente consiente en algunos casos poder precisar la ubicación, individuando cada edificio.

A modo de ejemplo, se recogen algunos casos: el primer informe por orden cronológico (17 de septiembre del 1726) se refiere a una casa privada, ubicada en el barrio de la Kalsa, cuyo reconocimiento se encarga al maestro Paolo Di Giovanni, que después de haber efectuado una cuidadosa inspección, afirma que la fachada principal, así como los muros en común («*medianti*») con la casa contigua, no han sufrido daños específicos, mientras que el muro que sostiene la escalera aparece fuertemente dañado «todo agrietado y aplastado» y necesita de reparaciones.

Excluyendo este último, todos los otros informes han sido redactados por el citado Giuseppe Furceri. Por ejemplo, es interesante el realizado con motivo de la inspección sobre el estado de una casa «*solerata*» («con 2 pisos») en el barrio Seralcadio. Por la redacción se evidencia que la fachada principal está apuntalada y que los muros divisorios están dañados y desplomados, con forjados y cubiertas casi totalmente destruidas. Se propone reedificar la fachada con diligencia o en su lugar demolerla («*sdirrupare*»), por motivos de seguridad. Otros informes hacen referencia a algunas partes de edificios como aquel relativo a una casa «*solerata*» de propiedad del convento de Santa Maria de la Mercé en la Kalsa, donde se examina el muro medianero entre la propia casa y el convento, que también aparece fuertemente dañado y desplomado y se propone su rápida reparación o en su lugar su demolición.

De entre los documentos examinados uno de los más representativos hace referencia al capítulo de prescripciones técnicas para la ejecución de intervenciones en el palacio del Senado (figura 6) como consecuencia de los daños sufridos por el terremoto del 1726.

Los mencionados «capítulos» fechados el 4 de noviembre del 1726, han sido redactados por Andrea Palma, en calidad de arquitecto del Senado, y por el ya citado Furceri y hacen referencia a la realización de un pilar, de dos arcos y de una bóveda, todos ellos en piedra tallada, ejecutado con mortero de cal aérea. Además, los trabajos comprendían la realización de las cimbras de madera y del tirante de hierro con pla-

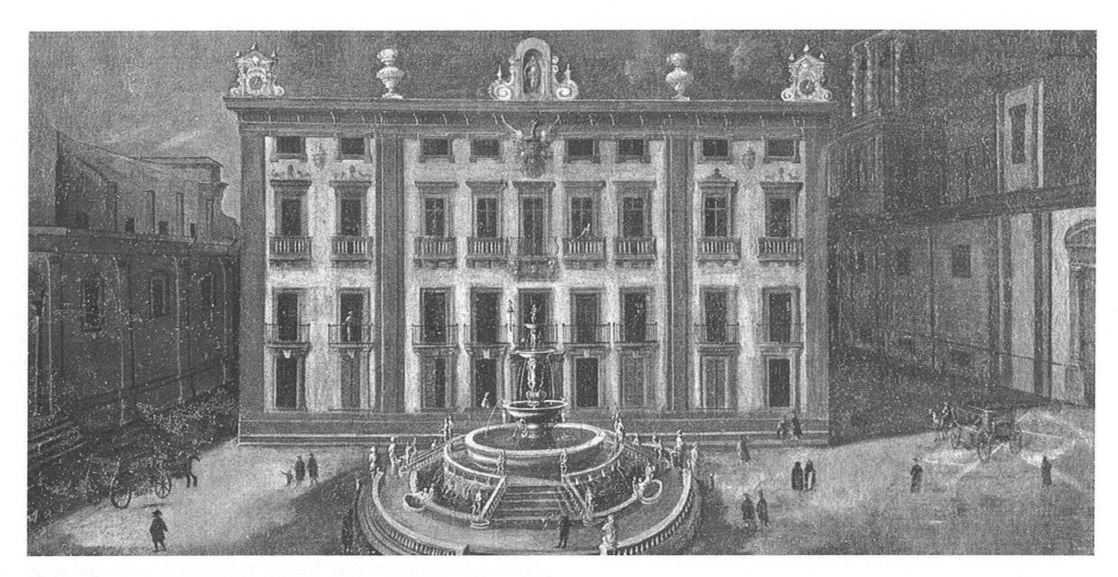


Figura 6
Anónimo, Alzado del Palacio del Senado, siglo XVIII (Filangeri et al. 2004)

ca de reparto para el anclaje. La bóveda, indicada con el término «*dammuso*», a realizar en lugar de un forjado plano de madera dañado, tenía que ser sostenida por un lado por un nuevo pilar y dos arcos y por el otro por un muro continuo. El empuje de la bóveda tenía que ser absorbido por un tirante colocado en correspondencia con el pilar. La estructura tenía que ser construida con sillares de piedra, preparando con cuidado las impostas de las fábricas y reforzando los sillares con cuñas de madera dura o de piedra calcárea. Por encima de los refuerzos laterales estaba prevista la construcción de seis «*cofolari*» (especie de muretes en piedra) con placas de piedra por arriba, sobre las cuales se colocaba el pavimento de ladrillos «*di Termini*», mientras que el intradós la bóveda estaba destinado a ser revestido con un revoco.

Entre los numerosos documentos encontrados merece especial atención también un acto, fechado el 26 de abril del 1727, que contiene las indicaciones de los gastos afrontados por el Senado con motivo de la reconstrucción de los edificios y en parte de las infraestructuras de la ciudad, como por ejemplo los acueductos «con motivo del terremoto acaecido el 1 de septiembre de 1726». Además de proporcionar una idea de la entidad, en términos económicos, de los gastos efectuados por el Senado, que suman en total el importe de 2206 once, 20 tarì y 11 grana (casi 551.000,00 euros actuales), el acto en cuestión se muestra de extremo interés en cuanto contiene informaciones relativas no sólo a las operaciones ejecutadas, por las cuales se ordena el pago, sino también de los personajes involucrados con diferente título en el proceso de reconstrucción, proporcionando también los nombres de las maestranzas implicadas. Particularmente, destacan los siguientes nombres: Giuseppe Furceri, en calidad de jefe de las obras del Senado, al que se le paga una ingente suma de 383 onze 5 tarì y 5 grana, especificando a su vez los importes correspondientes a las diferentes prestaciones realizadas; Giuseppe Mazzarella, y el ya citado Paolo Di Giovanni, cónsul de la maestranza de los albañiles de Palermo, que son compensados «por reparar diversas casas en peligro de ruina de la ciudad». Una interesante nota señala como otras compensaciones (39 onze y 10 tarì) conciernen a otras figuras implicadas en el proceso de reconstrucción como algunos maestros poco especificados procedentes de Trapani, no así el cónsul de la maestranza de los albañiles de esta ciudad, que se trasladaron a Palermo «para ayudar esta ciudad», muy probablemente debido a la habilidad de los maestros procedente desde esta concreta área geográfica[7].

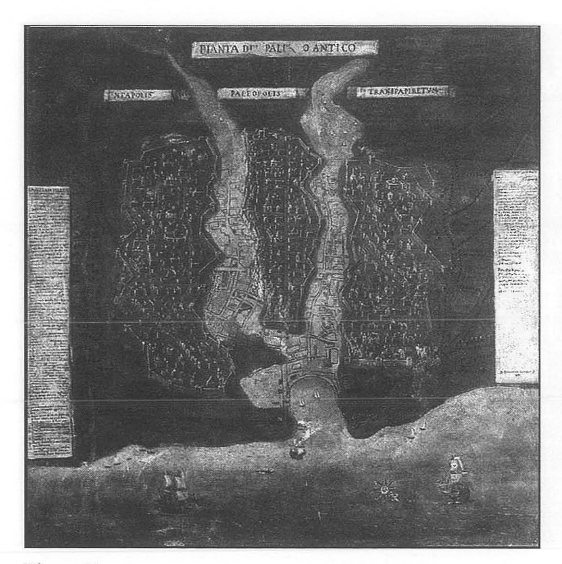


Figura 7
D. Campolo, plano del Palermo antiguo (1726), óleo sobre tela (Archivio Storico del Comune di Palermo)

Igualmente, en el mismo documento es interesante como se hace referencia a la compensación (onze 15 tarì 8 y grana 5) dada al pintor Domenico Campolo «por las dos planos hechos, es decir, uno de Palermo con la anotación de las casas arruinadas y enviada a S.E. en Messina, y otro del Palermo antiguo colgado en las habitaciones del palacio Senatorio». La primera pintura es una de las cuatro representaciones planimétricas que recogen los daños del terremoto realizadas para el Senado palermitano (de las cuales tres efectuadas por Campolo) que debería hacer referencia al dibujo a tinta en papel de acuarela (1726), hoy custodiado en la Biblioteca Comunal de Monreale que según los documentos descubiertos (Casamento 2012, 54), el 29 de octubre del 1726 el Pretor envió al Virrey, Joaquín Fernández Portocarrero, conde de Palma, en aquel momento residente en Messina (donde habría permanecido también algún año después del terremoto). En cambio, la segunda representación presuntamente debería hacer referencia al olio sobre tela que representa la ciudad medieval «Palermo antiguo» realizado por Campolo entre el 1726 y el 1727 (seguramente antes del 26 de abril del 1727, fecha del documento) en el cual el tejido urbano compuesto, según la literatura del momento, por tres núcleos urbanos, es decir, el Paleopoli, el Neapoli y el Transpapireto, se presenta con una vista axonométrica a la que se superpone, en correspondencia de las zonas ocupadas por los antiguos ríos Kemonia y Papireto y del puerto, el tejido planimétrico de la ciudad contemporánea, del cual se conservan en Palermo dos ejemplos, uno en la *Galleria d'Arte Moderna* y el otro en el *Archivio Storico del Comune de Palermo* (figura 7).

Los resultados que se presentan son sólo una parte de una investigación más amplia, aún en curso, destinada a un ulterior desarrollo. La intención es la de profundizar estos temas a través de la consulta de otros fondos existentes en los archivos locales, tanto públicos como privados, con el fin de delinear con precisión una serie de aspectos relativos a los daños y sobre todo a las técnicas constructivas empleadas en el proceso de reconstrucción post-terremoto. En este sentido, han sido ya iniciadas las consultas relativas a los fondos que hacen referencia a los palacios aristocráticos y a los edificios religiosos que podrán seguramente sacar a la luz nuevos aspectos. La metodología aquí explicada podría aplicarse también en el estudio de otros eventos sísmicos, no sólo de ámbito local, sino también en el área mediterránea, permitiendo así evidenciar analogías y diferencias entre las varias áreas geográficas, lo que contribuirá a definir un cuadro más amplio sobre las relaciones existentes entre los fenómenos sísmicos y la arquitectura, pudiendo realizar algunas reflexiones de carácter general y a mayor escala sobre los temas en cuestión[7].

Notas

1. La iglesia de San Nicolo de Tolentino fue notablemente dañada. Aquí de hecho se derrumbó la cúpula, recientemente construida, las bóvedas del coro, el antecoro y sacristía, se abrieron cinco arcos de la nave principal y se lesionaron las bóvedas de la nave lateral derecha y en parte aquellas de la izquierda. Otros daños se registraron también en el claustro del convento, donde hubo lesiones en las bóvedas de la cubierta y en los fustes de algunas columnas. Mirar Mongitore (1727).
2. La apertura de amplios vanos afectó tanto a la planta baja de los edificios, donde a menudo se abrían tiendas, como a los pisos superiores en los que grandes superficies de ventanas sustituyeron progresivamente los estrechos huecos medievales.
3. A éste propósito merece la pena destacar que la preferencia hacia este material permaneció también en el si-

guiente siglo como testimonia su amplia difusión. Con respecto a las canteras de los alrededores de Palermo consultar La Duca (1964) y Todaro (1988). Y en particular sobre la piedra de Aspra y su utilización en el campo arquitectónico ver la contribución de Montana y Scaduto (1999).

4. Las dimensiones de estos elementos han sufrido pequeñas variaciones en las tarifas sucesivas como la *Misura degli elementi delle fabbriche* del 1741. Ver Giovannetti (1997).
5. Para un glosario de los términos técnicos de las canteras del siglo XVIII consultar: Giovannetti (1997), en las pp. 387-393; Campisi y Mutolo (2003) en las pp. 125-133.
6. Para su llegada se alquila una barca que condujera desde Trapani a Palermo 34 personas de entre maestros y ayudantes.
7. Se agradece la traducción del texto al castellano realizada por Dª Vincenzina La Spina, Universidad Politécnica de Cartagena.

LISTA DE REFERENCIAS

Antonucci, Mario. 1726, *Vera Relazione dell'orribile tremuoto successo in Palermo la notte del primo giorno di Settembre alle ore quattro d'Italia*. Palermo.

Boschi, E. et al. 1997, *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990*. Roma Bologna: INGV.

Campisi, Tiziana y Sabrina Mutolo. 2003, *Palermo pietra su pietra. Apparecchi murari dell'edilizia settecentesca*. Palermo: Ila Palma.

Campisi, Tiziana y Giovanni Fatta. 2009. «««I terribili tremuoti» nel XVIII secolo a Palermo: dai danni alle nuove esperienze costruttive». *Il Sisma, ricordare prevenire progettare*, atti del convegno Artec, a cura di O. Fiandaca, R. Lione, 19-33. Città di Castello (PG): Alinea.

Casamento, Aldo. 2004. «Il terremoto a Palermo del 1726 e le rappresentazioni cartografiche di Domenico Campolo». *Il tesoro delle città*, II, 115-126. Roma: Kappa.

Casamento, Aldo. 2012. Palermo 1726. «Terremoto e istituzioni». *Terremoti e ricostruzioni tra XVII e XVIII secolo,* atti dei Seminari Internazionali (Lisbona-Noto, 2008) a cura di M. Giuffrè e S. Piazza, 47-55. Palermo: Edibook Giada.

Filangeri, Camillo; P. Gulotta y M. A. Spadaro. 2004. *Palermo, palazzo delle Aquile. La residenza municipale tra arte e storia*. Palermo: Quattrosoli.

Gallo, Francesca. 1997. «Il «funesto e «provvidenziale» terremoto di Palermo del 1726». *La Sicilia dei terremoti: lunga durata e dinamiche sociali,* atti del Convegno di studi (Catania, 11-13 dicembre 1995), a cura di G. Giarrizzo, 385-390, Catania: Maimone.

Giovannetti, Francesco a cura di. 1997. *Manuale del recupero del centro storico di Palermo*. Palermo: Flaccovio.

Guidoboni, Emanuela y Dante Mariotti. 1999. «Gli effetti dei terremoti a Palermo». *Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione del centro storico di Palermo*, a cura di Carocci C. y Giuffré A., 73-82. Roma-Bari: Laterza.

La Duca, Rosario. 1964. *Cave di tufo del palermitano*, Bollettino dell'Ordine degli ingegneri della provincia di Palermo. Palermo: Denaro.

La Duca, Rosario. 1995. *Terremoti, norme antisismiche ed architettura a Palermo tra Settecento e Ottocento*, relazione per la laurea honoris causa presso la Facoltà di Architettura di Palermo. Palermo: Facoltà di Architettura.

Ligresti, Domenico. 1992. *Terremoto e società in Sicilia: 1501-1800*. Catania: Maimone.

Mongitore, Antonino. 1727. *Palermo ammonito, penitente e grato nel formidabil terremoto del primo settembre 1726*. Palermo.

Montana, Giuseppe y Rosario Scaduto. 1999. *La pietra d'Aspra: storia ed utilizzo*. Palermo: Flaccovio.

Ruffo, Salvatore Maria. 1726. *Istoria dell'orrendo tremuoto accaduto in Palermo la Domenica, primo giorno di Settembre di quest'anno 1726, nella notte, su le ore 4 d'Italia*. Palermo.

Todaro, Pietro. 1988. *Il sottosuolo di Palermo*. Palermo: Flaccovio.

Vitale, Pietro. 1726. *Relazione del funestissimo terremoto accaduto in Palermo Domenica I giorno di Settembre ad hore 4 della notte seguente*. Palermo.

Construcción y buen oficio en la arquitectura religiosa del siglo XVIII: Las especificaciones en contratos de obras de las iglesias de la provincia de Castellón

Mª Amparo Sebastiá Esteve

La Historia de la Arquitectura es una disciplina de gran complejidad donde todavía existen «secretos» transmitidos de generación en generación y que permanecen aún ocultos en el propio edificio. Además, la modernización de los procesos constructivos y la pérdida del oficio tradicional han llevado a la desaparición de estos conocimientos, recogidos a nivel muy genérico dentro de los tratados y manuales de construcción. Tal es el caso de las construcciones religiosas que se presentan a continuación, donde las particularidades de los contratos de obra ayudan a comprender mejor cómo se construyeron.[1]

La actividad constructiva del Obispado de Tortosa

La intensa actividad constructiva que se desarrolló en el territorio valenciano de la diócesis de Tortosa en el siglo XVIII dio lugar a muchos de los edificios religiosos que conocemos hoy. El ámbito que nos ocupa lo comprenderán las ciudades de la provincia de Castellón que en el XVIII dependieron eclesiásticamente de Tortosa, pero cultural, política y económicamente de Valencia. Este territorio no homogéneo, analizado en profundidad por la profesora Yolanda Gil, será un auténtico «escenario» por el que se moverán maestros de obras venidos de las tres provincias periféricas y experimentará una expansión económica motivada por el creciente comercio marítimo, lo que irá desplazando cada vez más los núcleos de población desde el interior a la costa (Gil Saura 2004, 20-21).

Tras la Guerra de Sucesión, se extenderá entre los vecinos de la diócesis la necesidad de reconstruir o ampliar las iglesias devastadas, dando lugar a nuevos templos sufragados con donativos y que serán considerados por el propio obispo como «ostentosas construcciones». En la mayoría de los casos las obras se alargarán durante décadas, provocando a finales de siglo situaciones insostenibles que llevarán incluso a protagonizar pleitos contra los perceptores de los diezmos exigiéndoles que contribuyan en la terminación de las obras.[2]

Reglas prácticas de la buena construcción en las nuevas iglesias barrocas

Mediante el análisis del capitulado de una veintena de contratos de obras de varias iglesias del norte de Castellón y confrontando estos datos con los tratados de Fornés (1841) y Villanueva (1827) se ponen de manifiesto los conocimientos básicos que se transmitían entre los artífices. En el obispado de Tortosa serán los maestros de obras aragoneses los principales constructores de los nuevos edificios del XVIII y deberán luchar contra los maestros agremiados en ciudades como Castellón por estar considerados «forasteros» según las Ordenanzas de 1671 (Gil Saura 2004, 168).

El presente estudio constructivo de la arquitectura religiosa del siglo XVIII en la diócesis de Tortosa se

plantea desde un punto de vista eminentemente práctico, buscando recoger e interpretar ordenadamente las especificaciones más usuales que seguía el maestro de obras para construir un edificio religioso desde los cimientos hasta las cubiertas.

Cimentación

Una vez abiertas las zanjas del nuevo edificio se sacaba el agua de la excavación y con ayuda de la paleta y el pisón se realizaba una sucesión de tongadas de cal de unos tres o cuatro pies de altura asentando y trabando las piedras más grandes y rellenando con cal y ripios los huecos hasta hacer un plano horizontal (figura 1).

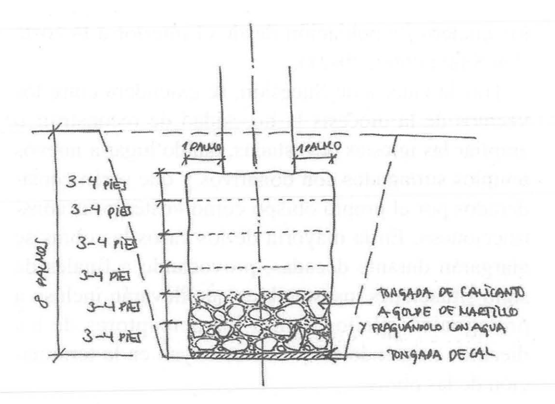


Figura 1
Cimentación de la iglesia del Lidón (Castellón). Pedro Juan Laviesca 1732 (dibujo de la autora 2013)

En la mayoría de los casos, las cimentaciones estaban hechas con mampostería de piedra, arena y cal. Villanueva ya nos indicaba que una vez apagada la cal, se hacía la mezcla con arena de río o incluso con arcilla requemada y molida o con carbón, siendo lo habitual para la mezcla una parte de cal y dos o tres de arena.

Aunque la profundidad de la excavación debía llegar hasta el terreno firme, en la mayoría de los casos no sobrepasaría los diez pies, dándole un palmo más de anchura a cada lado para los muros y pilastras y dos más para los contrafuertes y cimentación del

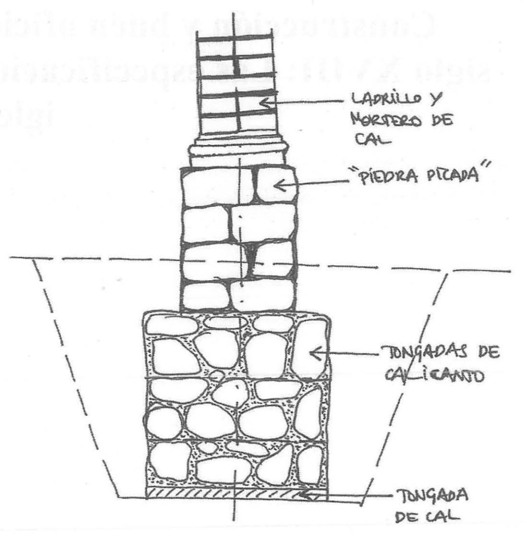


Figura 2
Cimentación de una pilastra de la iglesia de Albocàsser (Castellón). Pedro Gonel 1698 (dibujo de la autora 2013)

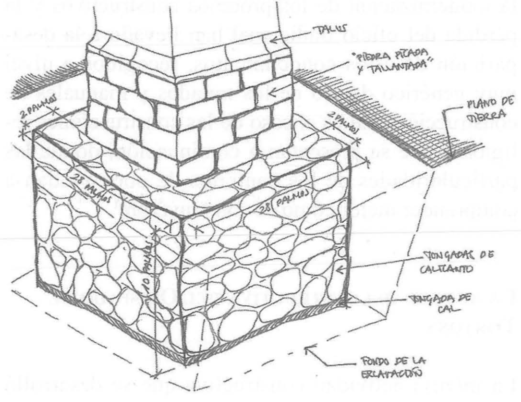


Figura 3
Cimentación del campanario de la iglesia de Moncofa (Castellón). Francisco Lasierra 1691 (dibujo de la autora 2013)

campanario,[3] dándose ésta última en «pams en quadro» (palmos en superficie)[4] (figuras 2 y 3).

El replanteo de la construcción visible

Poco se especifica sobre el replanteo de la obra en el XVIII, pero según Villanueva, para ejecutar la ci-

mentación se debían suplementar los palmos necesarios sobre la anchura determinada en la traza, ya que ésta se refería únicamente a la construcción visible. En caso de no existir las trazas, se adoptaría un grueso de muro acordado entre la Junta de Fábrica y el maestro albañil, según la buena práctica de la construcción. Una vez hechos los cimientos, se atravesarían los macizos con dos reglas o listones verticales separados entre sí el tramo de muro a ejecutar «en la tarea del día o del medio día», colocando en su parte superior dos cuerdas bien atirantadas (figura 4).

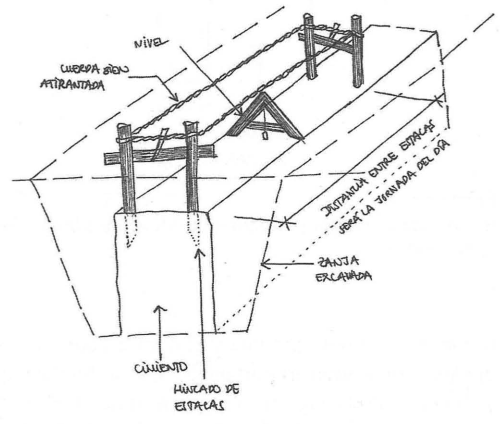


Figura 4
Replanteo de un muro según Juan de Villanueva (dibujo de la autora 2013)

Los muros

La construcción de la nueva iglesia se empezaría marcando los límites periféricos y permitiría el uso de la antigua el máximo tiempo posible. Para ello, dos oficiales levantarían los dos paramentos del muro a la vez, consiguiendo una buena traba con «verdugos de ladrillo» cada dos palmos de altura y poniendo primero sobre toda la superficie del cimiento una tongada de mezcla de cal y arena para asentar las piedras buscando su mejor paramento, aplomándolas y alineándolas a las cuerdas (figura 5).

Fornés (1841, 10-11) insiste en el desplome que sufren los muros debido a los empujes que les transmite la cubierta, por lo que propone corregir su verti-

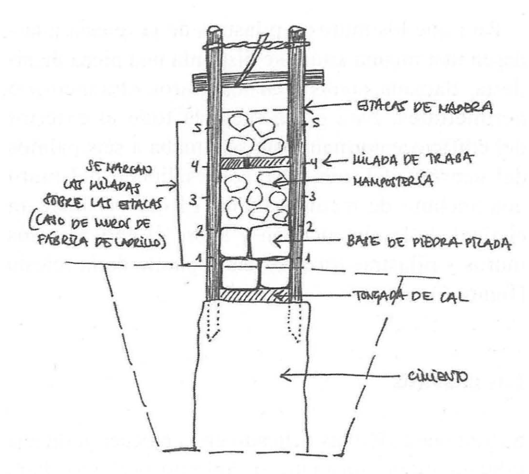


Figura 5
Proceso de construcción de un muro perimetral de la iglesia, según las indicaciones de Juan de Villanueva (dibujo de la autora 2013)

calidad inclinándolos dos dedos hacia dentro. La solución se completaría con una cornisa en la coronación que volaría un tercio de su longitud a ambos lados del muro y cuyo peso propio impediría el deslizamiento de las vigas de cubierta.

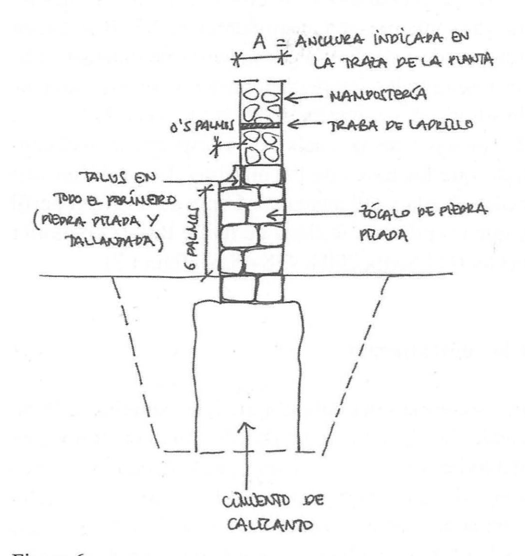


Figura 6
Muro perimetral de la iglesia parroquial de Moncofa (dibujo de la autora 2013)

Para que los muros y pilastras de la iglesia guardasen una misma altura se disponía una pieza de sillería, llamada «talus», en los muros «foraneos» o perimetrales. Esta pieza recorría todo el exterior del edificio y normalmente se situaba a seis palmos del «enrás» del cimiento, sobresaliendo del muro una anchura de medio palmo.[5] El «talus» marcará el final de la cimentación y sobre él apoyarán los muros y pilastras trazados en la planta de la iglesia (figura 6).

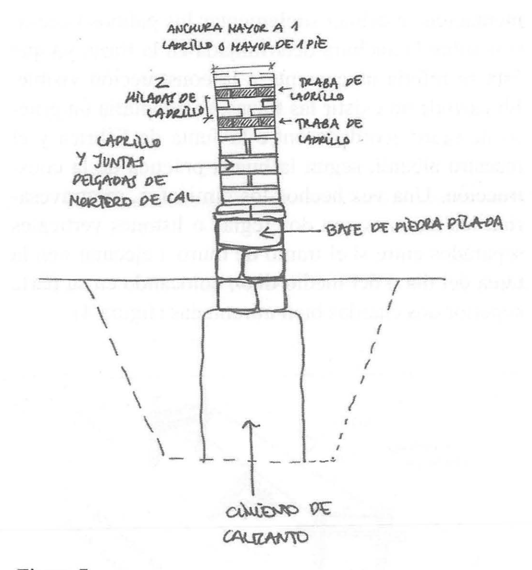


Figura 7
Pilastra de la iglesia parroquial de Moncofa (dibujo de la autora 2013)

Las pilastras

Seguramente, lo más delicado en la ejecución de una pilastra fuera conseguir su aplomo perfecto. Para ello, era importantísimo que sus cimientos estuviesen a nivel, lo que se comprobaba con las «dos piernas del nivel» sobre una regla tendida encima del «enrás» del cimiento con el «perpendículo» fijo en su cúspide marcando la horizontalidad en los dos ejes principales del macizo. Las uniones de las pilastras se formaban con ladrillos enteros trabados entre sí cogidos con mortero de cal y arena, ayudándose solamente de la regla y la plomada e igualando el «tendel» en el espacio de dos o tres hiladas y recortando con la paleta la mezcla que sobraba por el frente.

Prácticamente todas las pilastras de las iglesias de nueva planta que se construyen en el XVIII se hacen macizas de ladrillo y en la mayoría de ellas sus muros perimetrales son de mampostería con las esquinas de sillería. En la iglesia de Moncofa, las pilastras son de cinco palmos de anchura y se especifica en el contrato que las bases de las pilastras deben de ser «de pedra picada y tallantada conforme demostra el perfil y que les pilastres les haja de fer de Rajola en morter prim» (Gil Saura 2004, 478-485), (figura 7).

Los contrafuertes

En el contrato del contrafuerte que estabilizará la fachada del Ayuntamiento de Morella, construido por Pablo Ferrer en 1747, figura que se debe realizar una zanja de siete palmos de anchura y que su cimentación sobresaldrá dos palmos más de lo que se marca en la planta. También se apunta que se debe excavar «hasta encontrar tierra firme» y que se construirá «en mampostería con las esquinas de piedra picada». La unión entre la obra antigua y el contrafuerte nuevo a ejecutar toma gran importancia, manifestándose que se hagan: «unos agujeros de quatro o de cinco a cinco palmos en derecho las dos esquinas de los lados para travar la obra nueva con la vieja, y de parte a parte de esquinas a la misma altura tres o quatro agujeros para unir el masiso, y todos bien travados con buenas piedras a uso de buen artífice» (Gil Saura 2004, 505-506).

Normalmente los contrafuertes de las iglesias debían llegar hasta el tercio del arco toral para contrarrestar su empuje, tal y como figura en el contrato de 1691 para la iglesia de Moncofa (Gil Saura 2004, 478-485). Además, en el templo de Albocàsser (1698) se especifica que debían construirse con una base de piedra de sillería y desde «lo talus» hasta el final del contrafuerte se dispondría una mampostería bien trabada con sillares a modo de tizones que cogerían todo su espesor (Gil Saura 2004, 485-492). Para evitar el desgaste de los materiales en la coronación del contrafuerte, se colocaría una cobertura de teja o en el caso de Morella una «ilada de piedra picada con quatro dedos de declivo de forma que vuele por cada lado medio palmo, con un cordon, y este estribo lo rebosara todo» (Gil Saura 2004, 505-506).

Los arcos

Las robustas y costosas cimbras de madera que normalmente eran de unos cuatro o seis palmos de anchura se reservaban para construir los arcos principales de las iglesias. Incluso Fornés explica en su tratado un método para abaratar las cimbras, reduciendo sus dimensiones y su coste en un 40 % (Fornés 1841, 29).

Los materiales una vez puestos en la obra iban secándose y apretándose por su peso, por lo que la cimbra debía permitirles descender con cierta holgura, lo que se conseguía apretando las cimbras con calzos que gradualmente permitirían entrar en carga al arco y así conseguir que el descimbrado fuese menos brusco y arriesgado (figura 8).

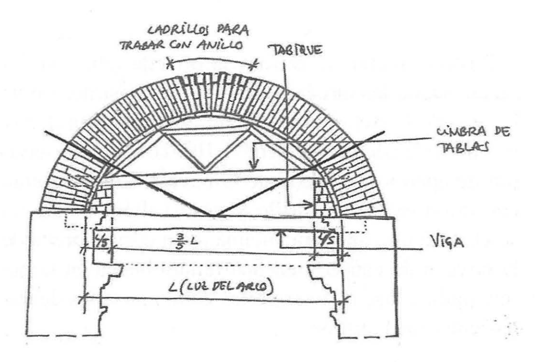


Figura 8
Construcción de un arco toral con el método propuesto por Manuel Fornés y Gurrea (dibujo de la autora 2013)

Los arcos de las iglesias del XVIII en el territorio valenciano están hechos en su mayoría con ladrillo y yeso y su canto oscila según la posición que ocupan dentro de la iglesia. Así pues, para los arcos fajones y formeros de la nave principal, capillas laterales y crucero se les daban dos palmos de canto aproximadamente, mientras que a los arcos torales se les aumentaba su canto un ladrillo más.[6]

Aunque la mayoría de los arcos de una iglesia barroca solían ser de medio punto, existen casos como la iglesia del Lidón de Castellón donde se abocinaba el arco del presbiterio. Sin embargo, es común que los coros situados a los pies de las iglesias fueran rebajados, eligiéndose normalmente de tipo «alsapaner» o carpanel, lo que permitía dejar un espacio libre a media altura para situar el coro. En la iglesia de Moncofa, se especifica que: «se ha de fer un arc pera el cor alsapaner o, bolta de cordell de dos rajoles de duella y de algep y coronarlo deixantlo a nivel per dalt, y que dit arc lo haja de fer a la alsada que demanara la alsada de la porta sens agraviar al capyalsat» (Gil Saura 2004, 478-485).[7]

Las pechinas

Era común que se produjeran filtraciones de agua en estos elementos, lo que atacaba en muchos casos a las excelentes pinturas que las decoraban. Para evitarlo, se debía construir una bóveda tabicada por el trasdós de la pechina que actuaría de separación con la cubierta (Fornés 1841, 30-33), (figura 9).

Si el cuerpo central del crucero formaba ángulos rectos, era preferible ejecutar las pechinas con hiladas verticales y si éste formaba una planta ochavada, la pechina podría hacerse con hiladas horizontales. En ambos casos se trabarían con los arcos torales realizando sobre ellas unas ranuras en su parte central y completando su enjarje con cuatro o seis ladrillos que trabarían con el anillo de atado. Éste se construía también con ladrillo y yeso y según Fornés «servía de cimiento de la fábrica del tambor de las cúpulas» (Fornés 1841, 30-33), (figura 10).

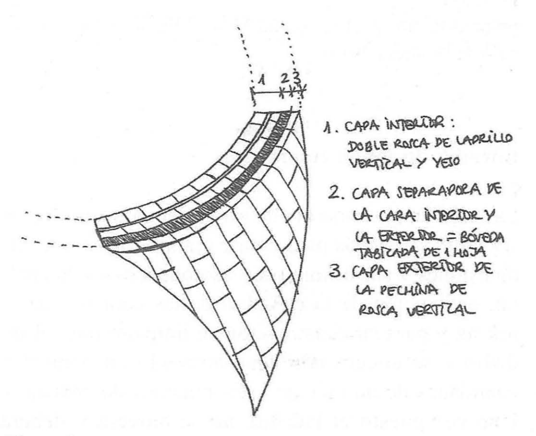


Figura 9
Construcción de una pechina según Manuel Fornés y Gurrea (dibujo de la autora 2013)

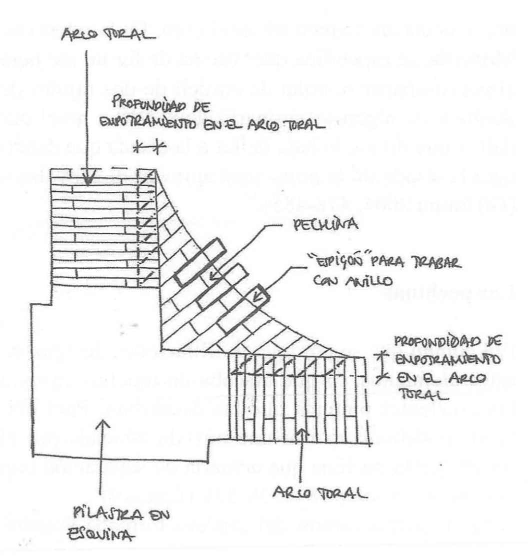


Figura 10
Enjarjes de una pechina según Manuel Fornés y Gurrea (dibujo de la autora 2013)

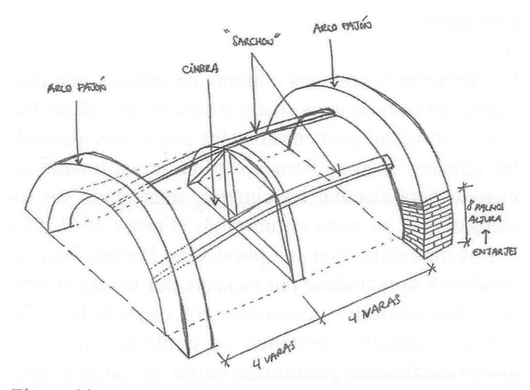


Figura 11
Construcción de una bóveda de cañón de una iglesia barroca, según Manuel Fornés y Gurrea (dibujo de la autora 2013)

Bóvedas de cañón con lunetos

La sencillez y economía de estos elementos las hacen ser muy adecuadas para cubrir grandes luces. Sus dimensiones y sus arranques o «sotobancos» se marcarán en función de la posición de las ventanas de la iglesia y para su construcción se limpiará bien el ladrillo y se cogerá con yeso amasado en pequeñas cantidades de no más de «seis puñados de amasijo». Una vez puesto el ladrillo, no se moverá y deberá asentarse «con yeso claro bien batido y tapando las juntas de los ladrillos de la rosca inferior». Además, para evitar el desprendimiento de los ladrillos centrales prácticamente planos, se construían las dos roscas a la vez.

Las bóvedas tabicadas de cañón de las iglesias barrocas solían tener mucha longitud, por lo que a veces se colocaban cimbras intermedias entre los arcos fajones, separadas una distancia no superior a cuatro varas y sobre las que se disponía un «sarchón con dos o tres dedos de montea» para aumentar la rigidez de la bóveda longitudinalmente. Además era recomendable rellenar los senos después de haber construido la cubierta para que las aguas discurrieran libremente y no se deteriorase la bóveda, (figura 11).

Posteriormente se trazará la bóveda tabicada del luneto según las indicaciones para la construcción de lunetos de Fray Lorenzo de San Nicolás en su *Arte y uso de la Arquitectura* (1639, 103-105) y que servirán de apeo a la bóveda de la nave.8 Se construirán con dos roscas de ladrillo y yeso valiéndose de un sarchon que se apoyará encima de la curva abierta de la bóveda de cañón y en una ranura hecha en la pared, pudiéndose realizar varias combinaciones de trabas entre los ladrillos.

Bóvedas de las capillas laterales, del presbiterio y del Trasagrario

Encontramos muchas iglesias de nueva planta del XVIII que cubren con bóvedas baídas sus capillas laterales, conocidas en los contratos de obras como «volta de cloenda». Estas bóvedas se construían con dos roscas tabicadas de ladrillo delgado y yeso y se empotraban en los arcos de ladrillo de las naves laterales unos cuatro dedos de profundidad, enluciéndolas por su intradós con una capa de yeso.

En el presbiterio, cuando la longitud de la bóveda se consideraba arriesgada para su estabilidad no bastaba con hacer unos «carcañols» o senos de «trosos y algeps» o trozos y yeso hasta el tercio de la altura de la bóveda para contrarrestar los empujes, sino que además era preciso realizar unas «fajas» que doblaran y reforzaran la bóveda por su trasdós. En la iglesia de Albocàsser se especifica que debían tener tres

palmos de anchura y ser todas de la misma longitud (Gil Saura 2004, 485-492).

Bóvedas de cúpulas y linternas

La experiencia ha hecho ver la necesidad de disponer de una doble cáscara en las cúpulas para evitar las posibles filtraciones de agua. Por ello se levantará una primera cáscara exterior con una pendiente cuya montea será dos tercios del diámetro de su planta y después una interior semicircular, ambas de dos roscas de ladrillo cogido con yeso y enlucidas por su trasdós. En el caso de cúpulas de linternas su diámetro además, será una quinta o sexta parte del diámetro de la cúpula mayor.

Para su construcción tan sólo son necesarios dos listones verticales. El primero (eje 1) pivotará en los puntos de la bóveda que señalan los dos tercios de su diámetro, de manera que su extremo libre gire y marque las alturas de las hiladas hasta completar la bóveda. El segundo listón de madera (eje 2) se situará en el centro de la bóveda e irá girando libremente por el recorrido de la hilada hasta cerrar la cúpula, describiendo una espiral, según las indicaciones de Fornés (1841, 36-41), (figura 12).

Cubiertas

Para formar las pendientes de las cubiertas, se construían unos tabiquillos de arcos estribados o «callejonados» con un plano inclinado en su parte superior y separados entre ellos tres palmos. Para ello, se realizará un arco con una hilada de ladrillos planos de cuatro dedos de anchura que apoyará sobre la bóveda y el muro perimetral de la iglesia y sobre éste se formará el tabiquillo con la pendiente deseada. En el contrato de la iglesia del Lidón de Castellón, Pedro Juan Laviesca debe dejar «respirasiones de dies a dies palmos» en los tabiquillos «per a que juguen los Ayres» (Gil Saura, Y 2004, 497-502) y en las capitulaciones de la iglesia de Moncofa, se apunta que estas «respiraciones» deben ser de «mig pam en quadro», es decir, unos 11 x 11 cm (Gil Saura, Y 2004, 478-485). En la iglesia de Albocàsser se cubren los tabiquillos con baldosas de barro de dos dedos de anchura y palmo y medio de longitud unidas por una capa de yeso por encima y se hace un pasillo central con un arco escarzano (Gil Saura 2004, 485-492), (figura 13).

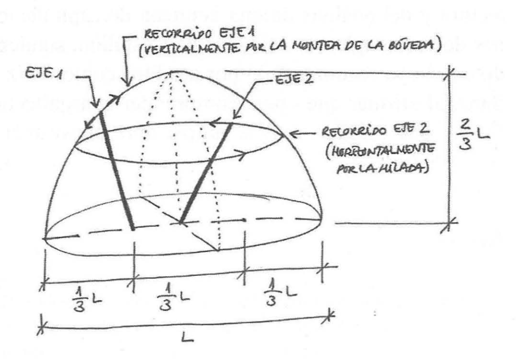


Figura 12
Situación de los ejes 1 y 2 para construir las hiladas de la bóveda de cúpula, según Manuel Fornés y Gurrea (dibujo de la autora 2013)

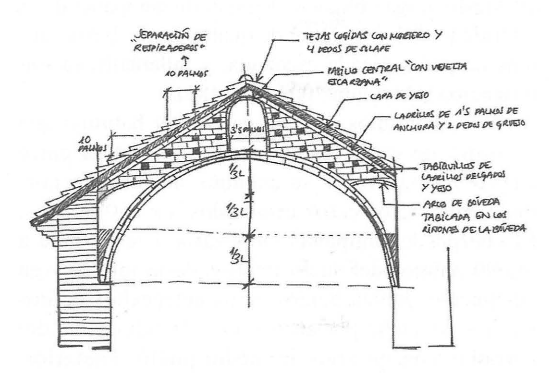


Figura 13
Formación de cubiertas según las capitulaciones de la iglesia del Lidón de Castellón y de Moncofa (dibujo de la autora 2013)

Finalmente, para evitar el desprendimiento de las tejas por la gran inclinación de la cúpula, era recomendable que las canales se cogieran con yeso en el medio de la teja y que las uniones entre las tejas se hiciesen con mortero de cal y arena. Aún así las cobijas se preparaban con agujeros en su boca menor para clavarse sobre la mezcla de mortero con una madera de ciprés que actuaría como clavo. Sin embargo, Fornés apunta que el mismo mortero sobre el que asienta la cobija puede actuar de clavo. En la

iglesia de Albocàsser además se explica cómo comprobar la calidad de las tejas, dejándolas unos días en agua para ver si sueltan alguna piedra.[9]

Campanario

La concepción de estas torres varía notablemente a lo largo del XVIII. Si en un primer momento disponían de entrada independiente a la iglesia demostrándonos su doble carácter representativo civil y religioso, en las últimas décadas de siglo se preferirá que pierda su acceso exterior y que forme parte de la composición de la fachada.

La materialidad del campanario venía condicionada por la fachada principal y siempre se debía construir un zócalo de piedra con un «talus» que volara medio palmo, al igual que ocurría en los muros perimetrales de la iglesia. En la parroquia de Moncofa se especifica que: «asta el cordo que demonstra el perfil dit Mestre tinga obligacio de pujar dit campanar de la referida teulada en amunt de quatre cares ab sos cantons de pedra picada escobada, y tallantada ab son trascanto» (Gil Saura 2004, 478-485).

En los contratos de obra parece ser habitual que la altura de estas torres esté comprendida entre cuatro y cinco veces su anchura, alcanzando normalmente en los casos estudiados los 150 palmos. El cuerpo de campanas empezaría a levantarse a los 90 palmos del suelo interior de la iglesia y en sus huecos debían dejarse unos antepechos de dos palmos de ancho por cuatro o cinco palmos de alto cerrados con un arco de medio punto. Posteriormente, en los muros se hacían unas regatas para el arranque de la «bolta de cloenda doblada de mitja rajola de duella que estiga pen paredada y encentrada de Rajola y Algeps y umplir los carcañols ben massisos de pedres y Argamasa que estiguen ben incorporades en les parets deixant ben travades les pedres de la cornisa principal en les de dins» y pavimento de «taulells».

En las capitulaciones es común que la escalera que subirá al coro y al cuerpo de campanas se prefiera «a la castellana» y no de caracol, y sus escalones «paymentats de taulells y asentats en algeps y posar en dits escalons mamperlans», pero la que sube al remate del campanario será de «caragolet» embebida en muros de al menos cinco palmos de grosor, sin contar el resalte de las pilastras, siendo de buen oficial rematar con una canal «pera que hixca el Aygua per damunt de la cornisa».

Conclusiones

La arquitectura barroca revitalizada a partir de la publicación de la *Arquitectura civil recta y oblicua* de Caramuel (1679) y por el resurgimiento de las ciencias matemáticas de la Valencia de últimos del XVII y principios del XVIII se apoyará en la geometría recogida en documentos como el *Tratado de Montea y cortes de Cantería* de 1727 de Tosca y se materializará en complicadísimos remates mixtilíneos de iglesias como la Ermita de la Ermitaña de Peñíscola (1714) la iglesia de San Juan Bautista de Cabanes (1752-1791) o el campanario de Alcalá de Xivert (iniciado en 1783) y que por sí solo ya constituye un reto de la estereotomía.

Sin embargo, no será hasta las primeras décadas del XIX cuando se reconozca el mérito de las técnicas constructivas basadas en el ladrillo a través de la publicación del *Arte de Albañilería* de Juan de Villanueva (1827) y las *Observaciones sobre la práctica del Arte de Edificar* de Manuel Fornés y Gurrea (1841) y que permitieron levantar estos edificios. Ciertamente hasta ese momento esta sabiduría estaba relegada al mundo gremial de los maestros de obras y es por ello, que con este trabajo se ha pretendido «rescatar» este aprendizaje para ayudar a comprender mejor las proporciones y los «secretos» de la construcción de los edificios barrocos a través de los manuales de construcción, de los tratados de arquitectura y del análisis de una veintena de capitulaciones de varias iglesias del norte de Castellón, siguiendo con lo ya recomendado por eruditos como Ortiz y Sanz, al afirmar que «para comprender la arquitectura hay que estudiar más la propia obra construida».

Notas

1. Debo agradecer a mis tutores D. Arturo Zaragozá Catalán, D. Rafael Soler Verdú y D. Federico Iborra Bernad, sus recomendaciones y consejos en este trabajo, así como al rector de la iglesia de Cabanes, D. Albert Ventura Rius por facilitarme sus fuentes documentales y a mi familia por su inestimable ayuda.
2. El obispo de Tortosa, Antonio José Salinas expresó su

postura ante el Consejo de Castilla en 1791: «Teniendo iglesias decentes y capaces sólo porque ven a los de otro pueblo, que hacen iglesia porque suelen necesitarla, ellos a su antojo levantan planes de iglesias suntuosas, y capaces para un pueblo de tres o cuatro mil vecinos, siendo su vecindario solo de ciento, y en otros pueblos hacen iglesias que parecen grandes catedrales» Documento reproducido en López Perales, R. *Historia de Amposta*, Tortosa, 1975, 192-194. (Doc. XXI); (citado por Gil Saura: Op. cit. 2004, 33).

3. «Els fonaments se an de obrir un pam mes per cada costat de lo que demostra y señala la planta» Fons Casimir Melià. *Capítulos concertados entre la junta elegida y los albañiles para la edificación de la actual iglesia parroquial de Albocàsser.* Albocàsser 1698. A.M.A, T.IV, Documentos, Doc. CXLIX (Gil Saura: Op. cit. 2004, 485-492).
4. «Lo campanar que lo haja de obrir vint y huit pams en quadro». Sans Vicent. *Capitulaciones de la obra de la iglesia parroquial de Moncofa.* Moncofa 1691. A.P.P.V., 16689, PP. 457r-493r. (Gil Saura: Op. cit. 2004, 478-485).
5. «Advertint que en les parets forals en estar a sis pams de alsada de la superficie de la terra se ha de asentar lo talus que es una filada de pedra picada y tallantada y en ella que estiga el talus que es minuixca mig pam conforme demostra la planta advertint tambe que dit talus ha de corer tota la circunferencia de dita Yglesia nova». Sans Vicent. *Capitulaciones de la obra de la iglesia parroquial de Moncofa.* Moncofa 1691. A.P.P.V., 16689, PP. 457r-493r. (Gil Saura: Op. cit. 2004, 478-485).
6. En el contrato de la iglesia de Albocàsser, se especifica que «los Arcs de les capelles se ajen de fer a la alsada que demostre el perfil fent estos de regola y algeps que estiguen ben redons y les filades ben ensentrades que tinguen dos pams de duella y de tota la amplaria que demostra la cara de la rechola». Fons Casimir Melià. *Capítulos concertados entre la junta elegida y los albañiles para la edificación de la actual iglesia parroquial de Albocàsser.* Albocàsser 1698. A.M.A, T.IV, Documentos, Doc. CXLIX (Gil Saura: Op. cit. 2004, 485-492). En la iglesia de Moncofa, se dice que «els arcs y pilastres les haja de fer de Rajola y que haja de donar a dits arcs rajola y mitja de rosca». Sans Vicent. *Capitulaciones de la obra de la iglesia parroquial de Moncofa.* Moncofa 1691. A.P.P.V., 16689, PP. 457r-493r. (Gil Saura: Op. cit. 2004, 478-485). En la iglesia del Lidón de Castellón se apunta que «se ha de formar el Movimiento de los arcos torales de dos ladrillos y medio de duella, y los medios arcos del crucero y el avosinado que sierra el presbiterio por la parte de atrás y arrancamiento de vuelta». *Capitulación de las obras del crucero de la iglesia del Lidón de Castellón con Pedro Juan Laviesca.* Castellón 1732. A.R.V., E.C., 1740 nº 36. (Gil Saura: Op. cit. 2004, 497-502).
7. Probablemente el término «alsapaner» viene de la palabra francesa «anse du panier» empleada para denominar al arco carpanel, por su similitud con la forma de las asas de los capazos para llevar el pan.
8. Manuel Fornés y Gurrea (1841, 33-36) apunta que aunque el diámetro de dicha plantilla sea normalmente la anchura propuesta por Fray Lorenzo de San Nicolás (1639, 103-105), y que equivale a tener una circunferencia cuyo radio sea un cuarto de la luz de la nave central, también se le suele dar en otras ocasiones un radio igual a un tercio de la amplitud de la nave.
9. «Que antes de posar estes en la teulada hajen de tindre en la Aygua uns quans dies pera que si agues alguna pedra en eixe temps salte y es conega el defecte y al temps de asentarles es proven en lo palustre per que si nia alguna cascarrada deixant la dita teulada ben perfilada y perfecionada de modo que quede ben prevenguda que no puga aver goteres». Fons Casimir Melià. *Capítulos concertados entre la junta elegida y los albañiles para la edificación de la actual iglesia parroquial de Albocàsser.* Albocàsser 1698. A.M.A, T.IV, Documentos, Doc. CXLIX (Gil Saura: Op. cit. 2004, 485-492).

Lista de referencias

Bails, Benito. 1796. *De la Arquitectura civil.* Madrid: Imprenta de la Viuda de D. Joaquín Ibarra.

Bérchez, Joaquín y Francesc Jarque. 1993. *Arquitectura Barroca Valenciana.* Valencia: Bancaja.

Briguz y Bru, Atanasio Genaro. 1763. *Escuela de Arquitectura civil, en que se contienen los órdenes de la arquitectura, la distribución de los Planos de Templos y Casas, y el conocimiento de los materiales.* Valencia: Oficina de Joseph de Orga.

Fornés y Gurrea, M. 1841. *Observaciones sobre la práctica del Arte de Edificar.* Valencia: Imprenta de Cabrerizo.

García Berruguilla, Juan. 1747. *Verdadera práctica y resoluciones de la geometría, sobre las tres dimensiones para un perfecto architecto, con una total resolución para medir, y dividir la planimetría para los agrimensores.* Madrid: Imprenta de Lorenzo Francisco Mojados.

Gil Saura, Yolanda. 2004. *Arquitectura Barroca en Castellón.* Castellón: Servicio de Publicaciones de la Diputación de Castellón.

Palladio Andres, Vicentino. 1797. *Los Quatro Libros de Arquitectura.* Madrid: Imprenta Real.

Pio y Camín, Antonio. 1767. *El arquitecto práctico, civil, militar, y agrimensor, dividido en tres libros.* Madrid: Imprenta de Pantaleón Aznar.

Rieger, Christiano. 1763. *Elementos de toda la Architectura civil, con las mas singulares observaciones de los Modernos.* Madrid: Imprenta de Joachin Ibarra.
San Nicolás, Fr. Laurencio de. 1639. *Arte y uso de la Architectura.* Madrid: Juan Sánchez.
San Nicolás, Fr. Laurencio de. 1665. *Segunda Parte del Arte y uso de la Architectura.* Madrid: Petrus Villafranca.
Tosca, Tomás Vicente. 1727. *Tratado de la Montea y Cortes de Cantería.* Madrid: Imprenta de Antonio Marin.
Villanueva, Juan de 1827. *Arte de Albañilería.* Madrid: Oficina de D. Francisco Martínez Dávila.
Vitruvio Polión, Marco 1787: *Los diez libros de Architectura.* Madrid: Imprenta Real.

La construcción de la apariencia. Las bóvedas de la girola de la Catedral de Málaga

Rosa Senent-Domínguez

Las bóvedas de la girola de la Catedral de Málaga formulan una solución basada en modelos renacentistas al problema del abovedamiento de los espacios trapeciales de la girola, y constituyen una alternativa singular a la bóveda de crucería tardogótica empleada en otros edificios contemporáneos como las catedrales de Guadix y Almería.

La solución empleada en estas bóvedas no parece estar relacionada con otras soluciones de bóvedas sobre deambulatorios,creando un ejemplo singular, difícil de clasificar. Aparentemente están formadas por un casquete pseudo-esférico apoyado sobre cuatro pechinas; sin embargo, un levantamiento minucioso de las mismas ha puesto en evidencia lo engañoso de esta apariencia. Esta comunicación[1] analiza la forma de las bóvedas de la girola de la Catedral de Málaga[2]y los mecanismos de control geométrico de las mismas, proponiendo una hipótesis sobre el proceso de diseño y control de la forma durante su construcción.

La construcción de la Catedral de Málaga

Tras la reconquista de la ciudad de Málaga por los Reyes Católicos el 18 de agosto de1487, la mezquita aljama fue consagrada como iglesia cristiana bajo la advocación de Nuestra Señora de la Encarnación; seis meses después fue erigida en catedral. Durante este primer período sólo se hicieron las reformas necesarias para adaptarla al culto cristiano: reorientación de las naves, construcción de capillas para enterramientos, posible abovedamiento del presbiterio, construcción de un coro en la nave central y construcción de una portada de estilo gótico.

Esta situación duró hasta principios del siglo XVI, cuando se decidió la construcción de una nueva catedral. En 1528 se presentaron las trazas para unacatedral de estilo gótico, y se llamó al maestro Enrique Egas y al cantero Pedro López para que informaran el proyecto. Este último quedaría a cargo de las obras hasta su muerte en 1539, sucediéndole Fray Martín de Santiago. En el año 1546 se detuvieron las obras, habiéndose realizado la cimentación de la capilla mayor, las criptas y parte de los muros.

En base a un nuevo proyecto renacentista, a partir del año 1551 se reanudaron las obras, bajo la dirección de Diego de Vergara, quien sería maestro mayor desde 1548 hasta 1583.[3] Durante esta segunda fase se construyó la girola (1564), el crucero (1570) y la capilla mayor (1580). En 1588 se decidió suspender la construcción debido a la falta de fondos y a que la cabecera ya construida era suficiente para albergar a los fieles. La cabecera se cerró con un muro provisional y la nueva catedral fue consagrada el 3 de agosto de 1588.

Un plano del ingeniero Bartolomé Thurus de 1717 refleja el estado de la catedral a principios del siglo XVIII. A las obras realizadas durante el siglo XVI tan sólo se le había añadido un coro, construido entre 1592 y 1662. Precisamente fue el informe de este ingeniero, que advertía del peligro de ruina si no se

concluía el proyecto, uno de los factores que motivaron la reanudación de las obras.

El nuevo proyecto sería realizado por José de Bada y Navajas, quien fue maestro mayor de la catedral entre 1722 y 1755, y Antonio Ramos, maestro mayor desde 1760. La ejecución del nuevo proyecto empezaría por los pies, con la construcción de los cuerpos inferiores de las torres (1735), la portada principal y el remate de la torre norte (1769). A continuación se procedió a construir el cuerpo central, cuyas naves se abovedaron entre 1753 y 1763, momento en el que la obra barroca se conectó con la cabecera del siglo XVI (figura 1).

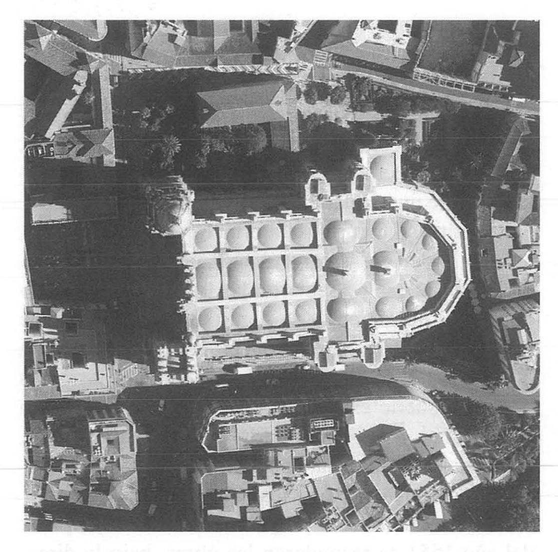


Figura 1
Vista aérea de la Catedral de Málaga (Google Maps 2013)

La obra mayor de la catedral se suspendió definitivamente en 1782, por orden real, de nuevo motivada por la falta de fondos, quedando inconclusa la torre sur y la cubierta.[4]

Los proyectos para la Catedral de Málaga

Se supone que en el año 1525 ya habría un primer proyecto para la nueva catedral (Camacho 2010, 236). En cualquier caso, en 1528 se presentaron las trazas del nuevo proyecto, de estilo gótico, cuya autoría se desconoce y cuyas trazas fueron informadas por Enrique Egas y Pedro López.De este primer proyecto no encontramos en la catedral actual más restos que la composición general de planta, que sigue la estructura tradicional de catedral gótica de tres naves, con capillas laterales, crucero y cabecera semicircular rodeada por una girola con capillas radiales.

Tras la muerte de Pedro López en 1539, se cree que Diego de Siloé pudo intervenir en el proyecto; algunos autores le atribuyen ya las trazas de 1528, y otros limitan su intervención a los alzados (Gómez-Moreno [1941] 1983, 75), hacia 1542.

El nuevo proyecto renacentista se debió a los maestros Diego de Vergara y Andrés de Vandelvira quienes en 1549 presentaron sendas maquetas,[5] que fueron informadas por el maestro Hernán Ruiz II.[6] El proyecto que finalmente llevaría a cabo Diego de Vergara se supone que tomó elementos de ambas maquetas, reflejando la influencia de Vandelvira en el uso sistemático de la bóveda baída. Se cree que la estructura de la planta mantuvo la del primitivo proyecto gótico, pero en sección se igualó la altura de las naves, como haría Vandelvira en la Catedral de Jaén, frente al tradicional escalonamiento de la sección gótica.

En 1595 Hernán Ruiz III presentó un proyecto para el coro, del que se conserva un dibujo (Ruiz III 1595; Camacho 2004) que abarca la cabecera ya construida, el muro de cerramiento, el proyecto para el coro y las naves no construidas (figura 2).

Cuando en el siglo XVIII se reanudaron las obras de la catedral, el Cabildo solicitó a José de Bada, au-

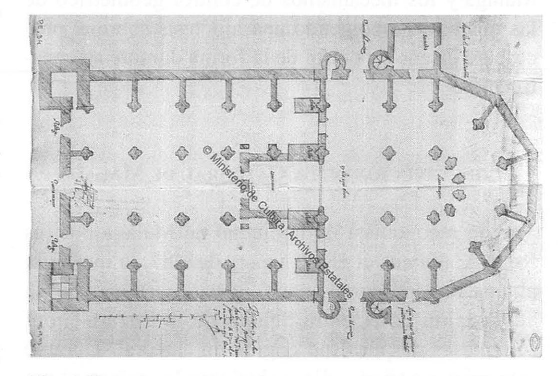


Figura 2
Planta de la Iglesia Catedral de Málaga (Ruiz III 1595)

tor del nuevo proyecto, que respetara la estructura y estilo de la obra ya realizada, con intención de salvaguardar la unidad del proyecto original. La bóveda baída siguió siendo la elegida para cubrir las naves, diferenciándose de las del siglo XVI tan sólo en la decoración, de carácter más naturalista.

La cabecera de la Catedral de Málaga y el proyecto de 1549

La cabecera de la catedral se realizó durante la segunda fase de obras (1550-1558). No se conservan las trazas de este proyecto, pero se supone que queda reflejado en el dibujo de Hernán Ruiz IIIfechado en 1595 (figura 2). Este dibujo no lo habría realizado a partir de mediciones directas, sino sobre la traza que le fue facilitada y en base al proyecto original. En este dibujo se observa la estructura completa de la catedral, con un cuerpo de naves de cinco tramos frente a los cuatro finalmente construidos.

De las dos maquetas de proyecto presentadas en 1549, tan sólo se conservan algunos restos del denominado «modelo de yeso» de Diego de Vergara, redescubiertos en el relleno de un muro en 1931. En el Museo de Málaga se encuentra una reconstitución de dicha maqueta, realizada bajo la dirección de José Molina Trujillo y Fernando Chueca Goitia en 1935, a partir de los fragmentos encontrados.[7]Se sabe que en 1670 todavía se conservaban ambas maquetas, pero no en 1722, cuando se reanudaron las obras (Camacho 2001, 503) (figura 3).

Al no disponer de todos los fragmentos, en la reconstrucción de la maqueta pesó la realidad de lo efectivamente construido. La maqueta está compuesta de tres materiales distintos: mortero de yeso mezclado con gravilla, muy duro, correspondiente a las partes ya construidas en 1549; piedra caliza tallada, más blanda, para las partes proyectadas por Diego de Vergara; y escayola en las partes reconstruidas en 1935. Es en parte alta donde la maqueta se aparta más de la original y se acerca más a la obra tal y como la conocemos hoy, al igualar la altura de las naves laterales con la central.

Sabemos por el informe presentado por Hernán Ruiz III en 1595 que ambos «modelos mueren a tres alturas en los cerramientos», es decir, que tanto el proyecto de Diego de Vergara como el de Andrés de Vandelvira (y sus correspondientes maquetas) mantenían la sección escalonada característica del gótico. En este informe también se señala que para proseguir la obra se tuvieron en cuenta ambos modelos, «aunque en alguna manera no prosiguió el maestro conforme a ellos» (Camacho 2001, 502-503).



Figura 3
Maqueta conservada en la Escuela de Arquitectura de Madrid (foto de la autora 2013)

Según Rosario Camacho (2001, 505), Vandelvira presentaría una maqueta con sección escalonada, adecuada para la planta gótica que le habían enviado en 1549; pero tras ver los alzados en su visita de 1550, habría recomendado igualar las alturas de las naves.

El proyecto de 1549 mantenía la proporción dupla propia de gótico, formada por tres naves, capillas laterales entre contrafuertes, crucero y cabecera rodeada por una girola con capillas radiales. El proyecto realizado durante el siglo XVIII mantuvo estas proporciones, pero redujo la longitud de la nave de 5 a 4 tramos.

Según la descripción de Medina Conde (Barbán 2001, 117), la anchura de la catedral es de 59 varas (sin el espesor de los muros), y una altura interior de 45 varas en la nave mayor, que coincidiría con la anchura de la catedral, descontadas las capillas laterales. La proporción entre la nave central, las laterales y las capillas es 8:6:4 (contando el grueso de los muros), siendo cuadradas los tramos de las naves laterales (Sauret 2003, 73).

La girola está formada por cinco tramos de planta trapecial, que rodena la cabecera semi-decagonal, precedidos de un tramo de planta cuadrada a cada lado. En torno a la girola se disponen capillas radiales de planta rectangular, separadas por contrafuertes que absorben la irregularidad de la planta. De esta forma la girola repite la estructura del cuerpo principal de la catedral (figura 4).

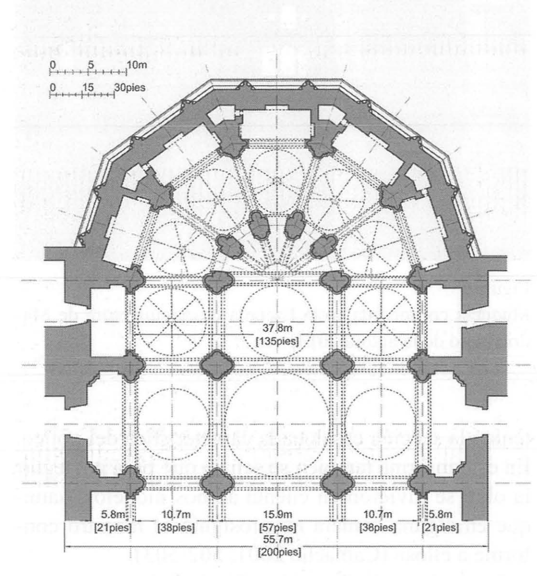


Figura 4
Detalle de la cabecera, a partir de la planta de Antonio Ramos (1785) (dibujo de la autora 2013)

Las bóvedas de la Catedral de Málaga

El abovedamiento de la Catedral de Málaga está resuelto gracias al empleo de la bóveda baída, marcada por la influencia de Andrés de Vandelvira.[8] Las bóvedas sobre el crucero, las naves laterales y el primer tramo del deambulatorio tienen planta cuadrada, mientras que las bóvedas sobre la nave central y los brazos del crucero son de planta rectangular. Una moldura circular horizontal divide la superficie de la bóveda en dos partes; si bien esta moldura es puramente decorativa, y no supone un punto de inflexión en la curvatura de la bóveda, el resultado en apariencia es el de un casquete esférico sobre pechinas.

Curiosamente la reconstitución de la maqueta de yeso de 1549 reproduce las bóvedas de forma *equivocada*como casquetes esféricos sobre pechinas, con un cambio de curvatura coincidiendo con la moldura horizontal (figura 3).

A pesar de que Cristóbal de Medina Conde indica en su descripción de la Catedral (Barbán 2001, 120) que «y ellas [las bóvedas], como todo el tempo, son de piedra de cantería», esto sólo es cierto para la obra realizada durante el siglo XVIII; las bóvedas construidas en el siglo XVI son de albañilería, donde la forma de la bóveda no se obtiene del despiece sino de la cimbra y otros elementos auxiliares de la construcción.[9]

En las bóvedas de sillería, tanto en las naves laterales como las de de la nave central, el despiece se realiza por hiladas horizontales; esto, sumado a la moldura circular horizontal, provoca un efecto extraño en las bóvedas de planta rectangular, donde la moldura es tangente a los arcos perpiaños, pero se aleja de los arcos formeros (de menor radio), que separan la nave central de las laterales.

En la maqueta de yeso se repite el error de considerar las bóvedas como casquetes esféricos sobre pechinas (figura 3); también la sección longitudinal de Antonio Ramos (1785) es errónea, pero no en el tipo de bóveda dibujada. Ramos representa correctamente las bóvedas como baídas, pero curva ligeramente la

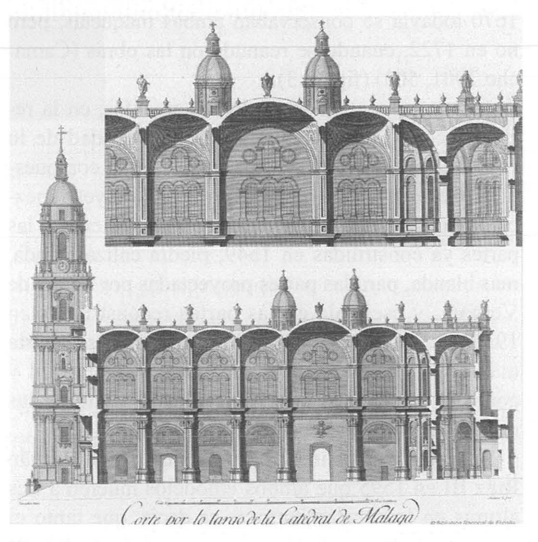


Figura 5
Corte por lo largo de la Catedral de Málaga (Ramos 1785)

moldura *horizontal* hacia el arco formero, representando una curva que sería alabeada (figuras 5); este error no se refleja en la planta, con la que no existe correspondencia, donde la moldura es una circunferencia y por lo tanto horizontal.

Las bóvedas de la girola

Las bóvedas de la girola se construyeron durante la segunda fase de obras (1548-1588), bajo la dirección de Diego de Vergara, siguiendo el proyecto de Andrés de Vandelvira; en 1564 se dio por concluida su construcción.

Al igual que el resto de las bóvedas de las naves laterales, los dos tramos cuadrados de la girola están cubiertos por sendas bóvedas baídas de planta cuadrada decoradas por una moldura horizontal de planta circular, tangente a los arcos perpiaños y formeros, que separa visualmente las pechinas del casquete. Éste lorecorren ocho nervios radiales entre los cuales se disponen motivosdecorativos también radiales; las pechinas tienen decoración avenerada (figura 6).

Por su parte, las bóvedas de los cinco tramos trapeciales de la girola repiten la estructura y decoración de los tramos cuadrados, con una moldura de forma ovoidal tangente a los arcos del perímetro, que separa las pechinas aveneradas del casquete. Éste repite la decoración de nervios radiales, pero con seis nervios en lugar de ocho. La decoración repite la de las bóvedas cuadradas pero deformándose para adaptarse a la irregularidad de la planta (figura 7).

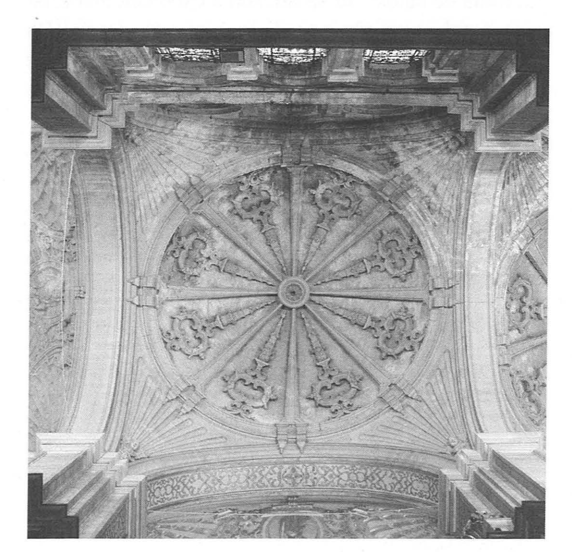


Figura 6
Bóveda baída de planta cuadrada de la girola, frente a la Antesacristía Mayor (Capilla de la Virgen de los Reyes) (foto de la autora 2012)

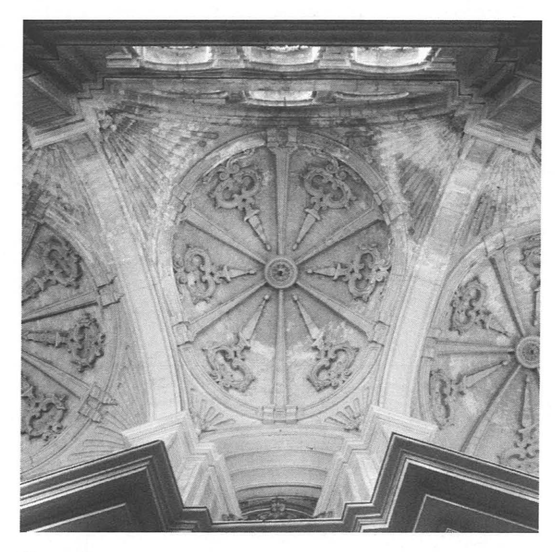


Figura 7
Bóveda de planta trapecial de la girola, frente a la Capilla de San Francisco (foto de la autora 2012)

La dificultad viene a la hora de entender y describir la forma de estas bóvedas de planta trapecial.En principio no existe dificultad en construir una bóveda baída esférica sobre una planta en forma de trapecio isósceles, tal y como indica Alonso de Vandelvira (hijo de Andrés de Vandelvira) en su tratado, ya que la planta queda inscrita en una circunferencia (Senent 2011, 1330) (figura 8), tal y como se observa en las bóvedas de la girola de la Catedral del Burgo de Osma (Senent 2013). Al contrario de lo que señala Rosario Camacho (2010, 238), la bóveda baída esférica podría resolver satisfactoriamente los problemas estereotómicos de una girola dividida en trapecios isósceles.

Sin embargo algunos aspectos de esta bóveda pueden producir un efecto desagradable a la vista ya que los arcos perimetrales tienen distinta altura, lo que se hace especialmente notable en los arcos formeros que separan la girola del altar mayor. Además, si se dispo-

ne una moldura horizontal separando el casquete de las pechinas, ésta tendría forma circular, pero no sería tangente a los cuatro arcos del perímetro y su centro no coincidiría con el del trapecio (figura 8).[10]

Por el contrario, si observamos las bóvedas de la girola, la moldura que separa las pechinas del casquete, no tiene planta circular, sino ovoidal, lo que hace pensar en una solución de casquete pseudo-esférico sobre pechinas, peraltando los arcos formeros interiores; tal y como representa la reconstitución de la maqueta de yeso de 1549 (figura 9). Sin embargo, los errores observados en dicha maqueta en las restantes bóvedas, ponen en duda la fiabilidad de esta representación. El dibujo de Antonio Ramos (1785) también es equívoco en lo que a las bóvedas de la girola se refieren (figura 5).

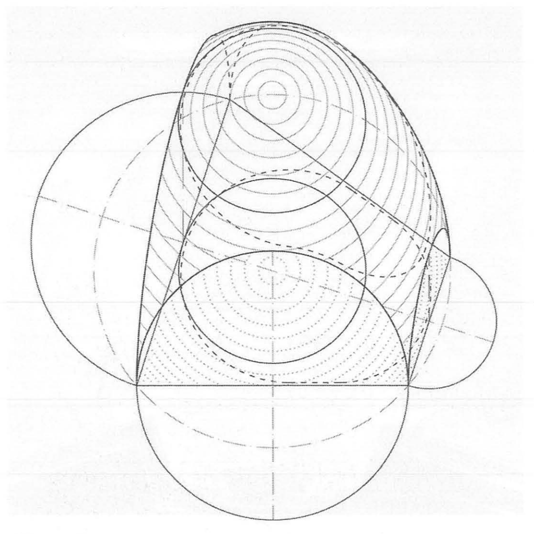


Figura 8.
Bóveda baída esférica sobre un trapecio isósceles (dibujo de la autora 2013)

A la vista de estas discrepancias, y dado el interés de la bóveda, se hacía imprescindible un levantamiento de las mismas, que representara las bóvedas tal y como fueron construidas, permitiendo además un análisis que explicara su forma. Se decidió medir tres de las bóvedas de la girola, dos de planta trapecial y una de planta cuadrada, con objeto de compararlas y establecer, si existía, la relación entre ambas.



Figura 9
Detalle de la maqueta conservada en la Escuela de Arquitectura de Madrid (foto de la autora 2013)

Toma de datos y levantamiento tridimensional de las bóvedas

La toma de datos[11] se ha llevado a cabo con una estación total equipada con distanciómetro láser.[12]Ha consistido en la obtención de las coordenadas de puntos de la superficie de las bóvedas correspondien-

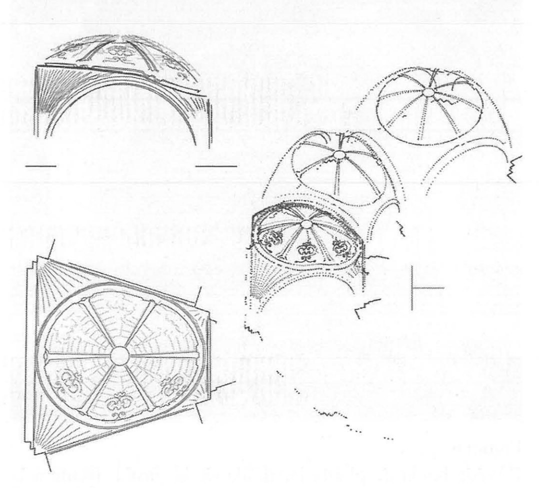


Figura 10
Toma de datos (dibujo de la autora 2013)

tes a la planta, los arcos perimetrales, los elementos principales de la decoración (moldura ovoidal, nervios, elementos decorativos) y puntos de la superficie de las pechinas y el casquete, que ha permitido construir un modelo tridimensional de líneas para su posterior análisis (figura 10). También se han tomado los desplomes de los pilares perimetrales para poder valorar las deformaciones de las bóvedas y tenerlas en cuenta de cara al análisis de las mismas.

La construcción geométrica de la forma de la bóveda

A partir de la nube de puntos obtenida de la toma de datos se hizo evidente que la forma de la bóveda era más compleja de lo que en principio podría pensarse. La primera observación que llama la atención es el hecho de que la moldura ovoidal, aparentemente horizontal, no lo es, sino que se quiebra, inclinándose hasta tocar la clave de los arcos formeros interiores (figuras 10 y 11).[13]

Si bien determinadas características de una bóveda pueden venir marcada por aspectos volumétricos, partimos de la hipótesis de que la construcción de estas bóvedas se hace desde el trazado en planta, siendo éste el que permite controlar la volumetría. La girola mantiene la anchura de 38 pies de las naves laterales, quedando su forma condicionada por la cabecera decagonal. La girola se divide en cinco tramos cuya planta es un trapecio isósceles como el representado en la figura 12.[14] La línea de imposta de la que arrancan los arcos perimetrales se sitúa a una altura de 100 pies.

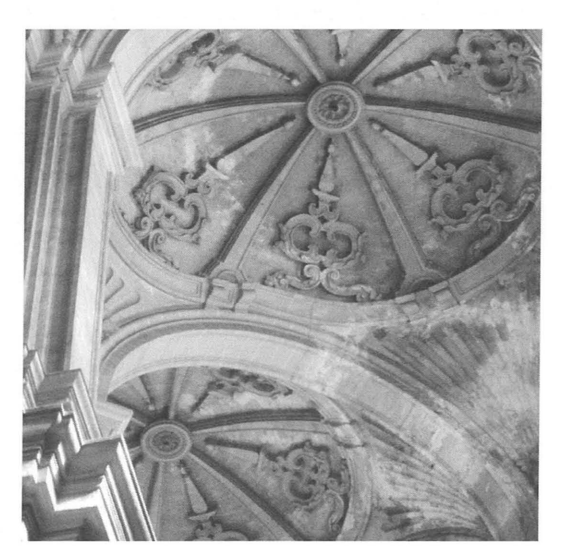


Figura 11
Detalle del quiebro en la moldura (foto de la autora 2012)

El trazado en planta viene marcado por la moldura de forma ovoidal que separa las pechinas del casquete. A continuación, seis nervios radiales dividen la superficie del casquete en sectores (figura 12).

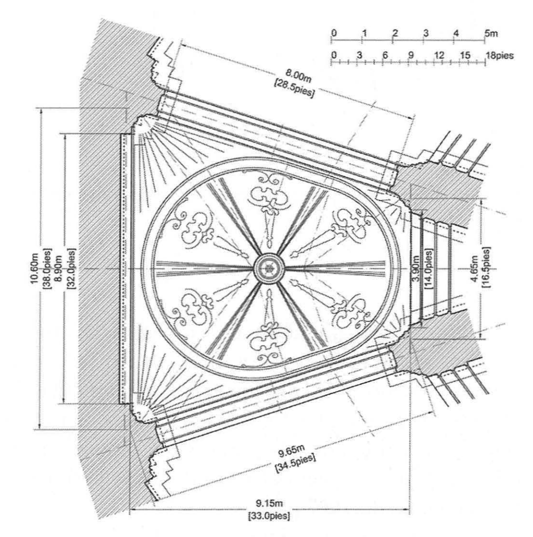


Figura 12
Planta de la bóveda de la girola y trazado de la misma (dibujo de la autora 2013)

Arcos perimetrales

El perímetro de la bóveda está definido por cuatro arcos, dos perpiaños que lo separan de los tramos adyacentes de la girola, salvando una luz de28,5 pies, y dos formeros, uno que limita con el muro exterior de cerramiento sobre las capillas radiales, con una luz de 32 pies, y otro menor, de14 pies de luz, que separa la girola de la capilla mayor (figura 13).

Todos los arcos perpiaños de la girola, tanto los de los tramos cuadrados como los de los tramos trapeciales, son iguales; su centro está situado a 101 pies

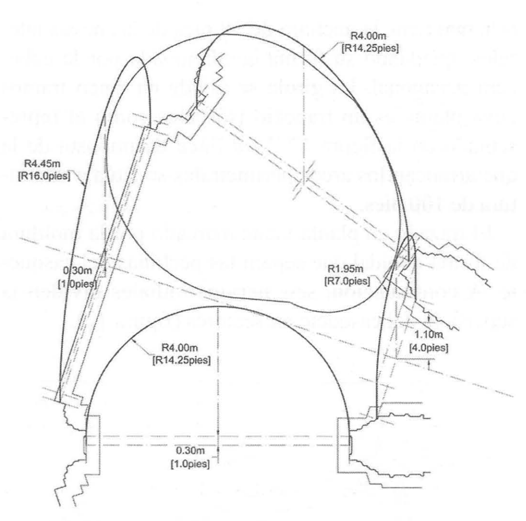


Figura 13
Trazado de los arcos perimetrales y la moldura ovoidal (dibujo de la autora 2013)

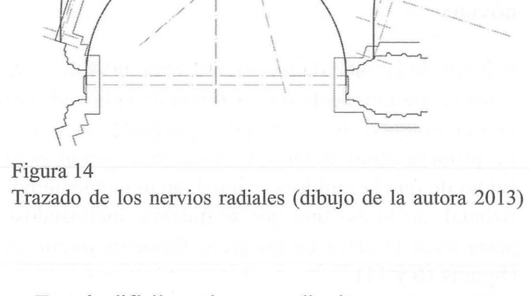


Figura 14
Trazado de los nervios radiales (dibujo de la autora 2013)

de altura y con un radio de curvatura de 14'25 pies.Los arcos formeros exteriores tienen su centro también situado a 101 pies de altura, con un radio de 16 pies; en cambio, los formeros interiores, tienen su centro a una altura de 104 pies (lo que supone un peralte de 3 pies respecto al resto de arcos perimetrales), con un radio de 7 pies.

De esta forma la moldura que une las claves de los arcos desciende desde una altura de 117 pies para los arcos formeros exteriores, a 115'25 pies para los arcos perpiaños, quebrándose a continuación hasta tocar la clave de los formeros interiores a 111 pies (figura 13). Es difícil precisar el punto exacto en el que se quiebra la moldura ovoidal, pero coincide aproximadamente con el punto donde la cortan los nervios radiales; hasta ese lugar, la moldura está aproximadamente contenida en un plano, a partir de ese punto describe una curva alabeada.

Nervios radiales

Los tres nervios radiales que van desde la clave hacia la capilla mayor responden con bastante claridad a arcos de circunferencia de 18 pies de radio para el central y 15'5 pies de radio para los laterales (figura 14).

Es más difícil precisar un radio de curvatura concreto para las prolongaciones de estos nervios hacia la parte exterior de la girola, pero resulta evidente que no tienen la misma curvatura que los de la parte interior. Un radio de 23 pies, igual al de los nervios del tramo cuadrado, podría controlar la forma de estos nervios.

Superficies de las pechinas y el casquete

No ha sido posible determinar ningún mecanismo de control de la forma que describa las superficies de las pechinas y del casquete, entre las que se establece una continuidad sin que exista el punto de inflexión en la curvatura reflejado en la maqueta. En cualquier caso, conocidos los arcos perimetrales, la moldura oval y los nervios, que definen la superficie de la bóveda, habría sido posible cerrarla mediante albañilería, sin que su forma responda a ninguna geometría concreta, de forma similar a lo que sucede en la plementería de las bóvedas góticas.

CONCLUSIONES

Ninguna de las representaciones realizadas hasta ahora refleja de manera fidedigna la realidad cons-

truida de las bóvedas de la girola de la Catedral de Málaga, cuya forma real llama la atención por lo inesperado de la solución adoptada, en particular en lo que se refiere a la no-horizontalidad de la moldura de forma ovoidal.

La maqueta reconstituida a partir de los restos de la de yeso de 1549 la representa como casquetes pseudo-esféricos sobre pechinas, de forma análoga al resto de bóvedas (figura 9); tal y como ya se ha señalado, la parte superior de la maqueta es donde ésta más se aleja de la maqueta original, dejándose influir por la realidad de la obra construida. No podemos saber si el error en la representación de las bóvedas se debe a que ésta era un documento de proyecto, y por lo tanto podría ser reflejo de la propuesta de Diego de Vergara; o a que la apariencia de lo construido es la de casquete pseudo-esférico sobre pechinas, y así fue representado.

Los errores observados en los dibujos de Antonio Ramos (1785) también son llamativos, en particular el que se refiere a las bóvedas de la nave central que él mismo estaba construyendo (figura 5). En el caso de la sección de la bóveda de la girola, dibujadas como si se tratara de bóvedas de planta cuadrada con moldura horizontal, el error en el dibujo parece debido a una falta de interés por la precisión del mismo.[15] Curiosamente Ramos curva la moldura en las bóvedas de la nave, donde son horizontales, pero las mantiene horizontales en la girola, donde en realidad son inclinadas (figura 5).

Las bóvedas de la girola siguen el mismo sistema de abovedamiento planteado para el resto del edificio, basado en el uso de la bóveda baída característico de Andrés de Vandelvira. Sin embargo no estamos ante una superficie esférica, que habría sido viable empleando la solución descrita por su hijo Alonso en su manuscrito (Senent 2011, 1330); en cambio, la construcción de la forma de la bóveda está condicionada por una serie de ajustes, como el peralte de los arcos formeros interiores.A partir de ahí, la construcción geométrica de la forma de la bóveda es controlada por una serie de curvas que delimitan y describen la superficie de intradós: arcos formeros y perpiaños, moldura ovoidal y nervios sobre el casquete (figura 15).

De esta forma, las bóvedas de la girola siguen la tradición constructiva de las bóvedas góticas en las que la forma de la bóveda es determinada por una serie de curvas, entre las que se dispone un plemento; los nervios de las bóvedas de la girola no son un elemento *puramente decorativo*, sino herramientas imprescindibles para el control de la forma de la bóveda durante su construcción. Esta situación no es una excepción dentro de las prácticas de cantería renacentistas, donde los procedimientos góticos de control por medio de curvas se siguen empleando (López, Rabasa y Sobrino 2011; Senent 2011).

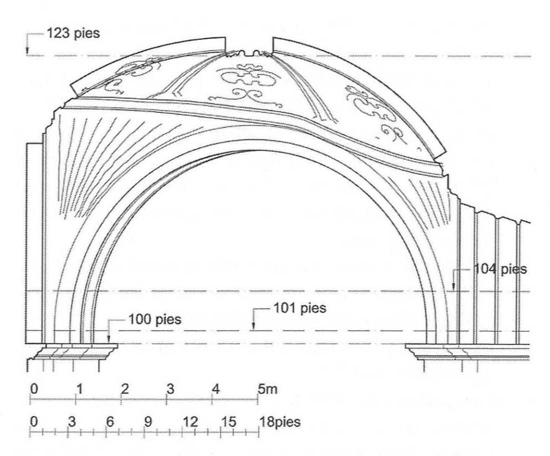


Figura 15.
Sección de la bóveda de la girola (dibujo de la autora 2013)

No es posible, pero tampoco necesario, emplear ningún término geométrico que describa la superficie de intradós de la bóveda, tal y como han intentado algunos autores (bóvedas pseudo-esféricas, bóvedas elipsoidales); esta tentativa surge de la confusión entre los conceptos de *forma* y *geometría* (Senent 2013). Las bóvedas de la girola son bóvedas baídas, porque esta es la forma que las caracteriza, aunque la superficie no sea esférica,[16] y su geometría (las herramientas que controlan la forma) no está basada en una geometría de superficies sino en una serie de curvas en el espacio.

Notas

1. Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación «Construcción en piedra de cantería en los ámbitos mediterráneo y atlántico. Análisis de ejemplos construidos» (BIA2009-14350-C02-01) del Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Ciencia e Innovación.Quiero

expresar mi agradecimiento al Cabildo de la Santa Iglesia Basílica Catedral de Málaga, por permitirme realizar la toma de datos de las bóvedas.También quiero agradecer al profesor Javier Ortega Vidal por facilitarme una planimetría de la Catedral de Málaga realizada por sus alumnos, y al profesor Gabriel Ruiz Cabrero, quien está realizando el Plan Director, por su información sobre el material del que están construidas las bóvedas de la girola.
2. Existen numerosos trabajos sobre la historia de la Catedral de Málaga, entre los que destacan las obras de la profesora Rosario Camacho Martínez.
3. Le sucedería su hijo, Diego de Vergara Echaburu, quien falleció en 1597.
4. La construcción o no de una cubierta sobre las bóvedas de la catedral es un tema todavía no resuelto. En 1764 Ventura Rodríguez presentó un proyecto de cubierta sobre armaduras de madera. Sin embargo, en las secciones de Antonio Ramos de 1784, el trasdós de las bóvedas queda visto; como corrobora un informe conservado en el archivo de la catedral (Camacho 2010, 258 Nota 55). Todavía hoy se sigue discutiendo la conveniencia o no de construir una cubierta.
5. La maqueta de Diego de Vergara era de yeso, y la de Andrés de Vandelvira de madera.
6. No se conserva el informe presentado por Hernán Ruiz II.
7. Una réplica de este modelo se encuentra en la Escuela de Arquitectura de Madrid.
8. La única excepción es la bóveda sobre el altar mayor, cubierto por una bóveda de horno con nervios radiales.
9. Durante la toma de datos pude comprobar, gracias al visor de la Estación Total, que las juntas que se observan en la superficie de las bóvedas de la girola son pintadas sobre un revestimiento. El profesor Gabriel Ruiz Cabrero, me ha confirmado que todas las bóvedas de la parte renacentista son de albañilería.
10. Situaciones que por otra parte no impidieron abovedar los tramos rectangulares de la nave central y el presbiterio, donde ocurre algo similar; aunque en este caso la moldura horizontal sí es concéntrica con la planta.
11. La toma de datos se realizó los días 3 y 4 de diciembre de 2012 sobre las bóvedas correspondientes al lado de la epístola de la girola: bóveda cuadrada frente a la capilla de la Virgen de los Reyes y bóvedas trapeciales frente a las capillas de S. Francisco y de Sta. Bárbara.
12. Estación total Leika Flex Line TS2, con una precisión nominal para mediciones sin prisma a 30m de 2mm6 ppm. Durante la toma de datos se verificó un error de 6mm.
13. Cuando se ha visto esto gracias al levantamiento es fácil apreciarlo en las fotografías, pero no resulta evidente en una primera inspección. El efecto es más notable cuando se observa la girola a cierta distancia, desde las naves laterales, pero no es un punto donde uno dirija instintivamente su atención.
14. A partir de las medidas tomadas y de la información disponible sobre la catedral, se ha estimado una unidad de medida de 1 pie = 27,9 cm.
15. Aunque también podría ser consciente de error (que debería resultar evidente, pues la moldura no es tangente al arco formero interior), pero lo obvió para evitar quebrar e inclinar la moldura, lo que habría producido un efecto extraño en la sección.
16. Tampoco tiene sentido emplear el término pseudo-baída (Senent 2013).

Lista de referencias

Barbán de Castro, Francisco y Cristóbal de Medina Conde. 2001. *Descripción de Málaga, su Catedral y el Monte de Gibralfaro*. Málaga: Universidad de Málaga.

Camacho Martínez, Rosario. 2001. «Maquetas de la Catedral de Málaga». *Boletín de Arte*, 22: 497-508.

Camacho Martínez, Rosario. 2004. «Diseños de la Catedral de Málaga en al Archivo General de Simancas». *Boletín de Arte*, 25: 761-768.

Camacho Martínez, Rosario. 2010. «Arquitectos del barroco en la Catedral de Málaga». En *El barroco en las catedrales españolas*, M.C. Lacarra Ducay (coord.), 233-278. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.

Gómez-Moreno, Manuel.[1941] 1983. *Las Águilas del Renacimiento Español*. Madrid: Xarait Ediciones.

López Mozo, Ana; Enrique Rabasa Díaz y Miguel Sobrino González. 2011. «La línea en el control material de la forma». *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago de Compostela: 25-29 de octubre de 2011*, 743-754. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Ramos, Antonio. 1785. *Diseños de la Catedral de Málaga*. Francisco Asensio.

Ruiz III, Hernán. 1595. *Planta de la Iglesia Cathedral de Málaga*. Manuscrito. Simancas: Archivo General de Simancas.

Sauret, Teresa. 2003. *La Catedral de Málaga*. Málaga: Diputación Provincial de Málaga.

Senent Domínguez, Rosa. 2011. «Las bóvedas irregulares del tratado de Vandelvira. Estrategias góticas en cantería renacentista». *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago de Compostela: 25-29 de octubre de 2011*, 1329-1338. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Senent Domínguez, Rosa. 2013. «Las bóvedas en la tratadística: Planteamiento constructivo o concepción geométrica». *Actas del Primer Congreso Internacional Teoría y Literatura Artística en España. Siglos XVI, XVII y XVIII*. Málaga: In press.

La función de los pináculos en la arquitectura gótica

Isabel Tarrío Alonso

Muchos son los arquitectos y los historiadores que embelesados por la belleza de la arquitectura gótica han dedicado algunas líneas a describir las peculiaridades de las tan admiradas bóvedas medievales. Sin embargo, no todos han tratado de entender su funcionamiento estructural. Esta falta de interés es más notable en lo que respecta al comportamiento del sistema de contrarresto de las citadas bóvedas, sobre el que pocos autores se han atrevido a discutir. El caso es aún más dramático cuando nos referimos a uno de los elementos más hermosos y característicos de este tipo de construcciones: los pináculos.

Es objeto de la presente comunicación realizar un recorrido por las diferentes teorías acerca del rol de los pináculos en las construcciones góticas, desde las ideas más sencillas y primitivas hasta los argumentos más elaborados. Este estudio se complementa con el análisis de los pináculos de la Sainte Chapelle de Paris, para el que se toma como marco teórico de referencia el análisis límite en las estructuras de fábrica formulado por Heyman en la segunda mitad del siglo XX.

Fuentes originales del gótico

El secretismo reinante en las logias medievales, que impedía a sus miembros la divulgación de conocimientos a personas ajenas al gremio con el fin de evitar el intrusismo y el plagio, nos ha dejado prácticamente huérfanos de fuentes originales sobre las reglas de construcción en la Edad Media. Prueba de ello es el cuaderno de Villard de Honnecourt (ca. 1235), única fuente original del gótico clásico, cuyo contenido no desvela ninguna de las reglas que los maestros medievales utilizaron para proyectar sus edificios.

El vacío documental es aún mayor si nuestra búsqueda se centra en la construcción de los pináculos. En este caso, los textos y manuales más antiguos que han llegado hasta nuestros días son bastante más recientes, pues datan ya de los siglos XV y XVI. Entre ellos encontramos *Wiener Werkmeisterbuch* de ca. 1450 o *Unterweisungen* de Lorenz Lacher (1516), verdaderos tratados de arquitectura que abarcan todos los aspectos del proyecto de una iglesia gótica tocando de manera tangencial el tema de los pináculos. Pero si lo que buscamos son documentos específicos sobre pináculos, tendremos que acudir a *Das Buchlein von der Fialen Gerechtigkeit* (Cuaderno sobre la traza correcta de los pináculos) de Matthäus Roriczer ([1486] 1845) o a *Fialenbüchlein* (Cuaderno de los pináculos) de Hans Schuttermayer[1]. Se estima que ambos escritos fueron contemporáneos y salieron a la luz a finales del siglo XV: el primero de ellos en 1486 y el segundo, cuya fecha exacta no se conoce, poco tiempo después.

Tanto el cuaderno de Roriczer como el de Schuttermayer contienen instrucciones precisas sobre la construcción geométrica de un pináculo, más concretamente sobre cómo trazar su dibujo en planta y cómo a partir de éste se puede obtener el alzado del pináculo. Estas indicaciones se basan en la rotación y en la manipulación de cuadrados y vienen acompañadas de ilustraciones (figuras 1 y 2) que esquematizan cada

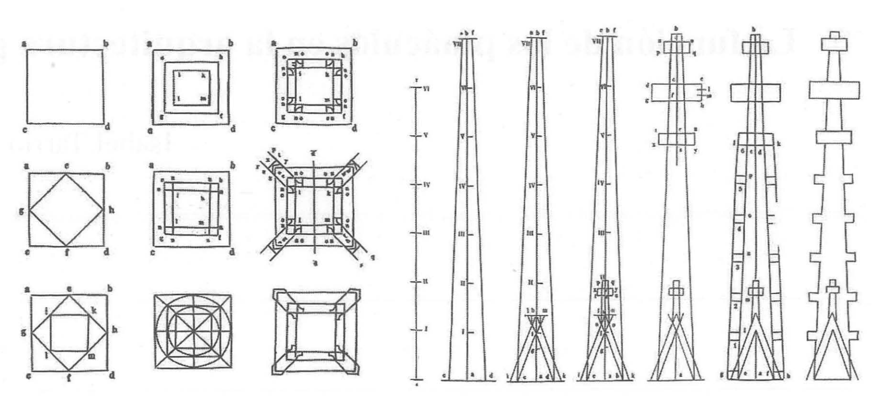


Figura 1
Procedimiento para el trazado de un pináculo según Roriczer (1486)

uno de los trazados descritos por el autor, para así facilitar la labor de comprensión a cualquier aprendiz que estudiara el manual. A este respecto, el cuaderno de Roriczer resulta ser algo más detallado y prolijo que el de Schuttermayer.

Ambos documentos se centran en la geometría de un único pináculo, lo que ha conducido a Frankl (1960) a pensar que el objetivo de los libros no era prescribir las pautas para proyectar un pináculo, pues en realidad los constructores medievales eran libres de ejecutar cualquier forma a su propia voluntad, sino que más bien se trataba de proporcionar a los aprendices un ejemplo que les sirviera para aprender el secreto de cómo transformar planos y dibujos en objetos reales. Shelby (1977) insiste en esta idea de que estos cuadernos sobre pináculos admiten una doble interpretación: como método para obtener el alzado a partir de un trazado en planta y como herramienta para convertir una geometría y unos diseños en dimensiones y piezas para la construcción de un elemento. En cualquiera de los casos, ninguno de los autores de los cuadernos asume como propio el método descrito, sino que lo consideran un legado heredado de la tradición de los grandes maestros.

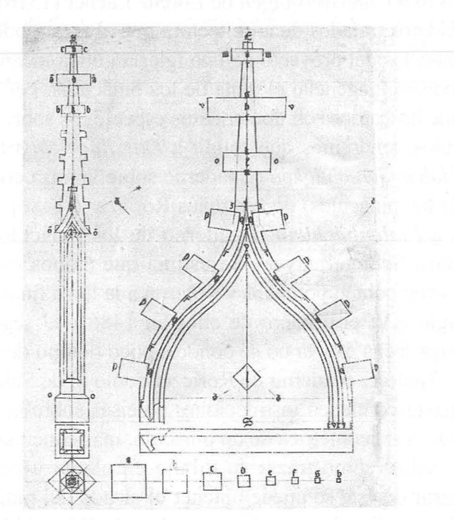


Figura 2
Esquemas para el trazado de un pináculo según Schuttermayer (ca. 1489)

TEORÍAS SOBRE EL PAPEL DE LOS PINÁCULOS EN LA ARQUITECTURA GÓTICA

El pináculo como elemento estructural

Las alusiones a los pináculos son poco frecuentes en la literatura, y más aún si se trata de determinar cuál es su función o su comportamiento estructural. Los primeros comentarios acerca del papel que estos elementos desempeñan dentro del conjunto del edificio se remontan al siglo XVIII.

El arquitecto inglés Sir Christopher Wren no fue precisamente un defensor a ultranza de la arquitectura gótica, pero manifestó gran interés por la estática en las construcciones de este periodo de la historia. Así lo demostró en los informes profesionales que redactó sobre la restauración de la catedral de Salisbury (1668) y de la abadía de Westminster (1713)[2]. En este último documento Wren propone que cuando no po-

demos añadir un estribo FG (ver figura 3) a un pilar que no dispone de un contrarresto capaz de equilibrar los empujes que sobre él actúan, la solución pasa por incrementar la altura de la construcción que apoya directamente sobre el pilar E. Aunque esta teoría, de que la estabilidad de un pilar aumenta cuando se carga verticalmente, se enuncia para un pilar gótico, es perfectamente extrapolable a los estribos, de tal modo que el pilar AD, el arco ABC y el muro E pasarían a ser el estribo, el arbotante y el pináculo respectivamente. Sin embargo, la postura de Wren acerca de los pináculos no es tan clara como pudiera parecer, pues en el mismo informe afirma que los pináculos no eran útiles.

En el tránsito al siglo XIX Anderson (1800) publica una reflexión sobre la utilidad de los pináculos en la arquitectura gótica, en la que reivindica el papel fundamental que estos elementos juegan en la estabilidad de los soportes, al tiempo que reconoce la función decorativa que desempeñan como piezas que aportan elegancia a la estructura. Anderson llega a esta conclusión tras analizar un sencillo ejemplo de contrarresto de un pilar: la estabilidad de este pilar, sometido a una fuerza en su parte superior de diez centenas[3], se puede garantizar, bien mediante un muro de diez pies de largo adosado al pilar y de su misma altura, que pesa una centena por cada pie de altura y longitud, o bien disponiendo de un muro de un pie de largo que mida nueve pies más de altura que el pilar (ver figura 4). Esta segunda opción haría referencia a un pináculo si el peso se colocara en la cabeza del estribo, o a un muro, como el muro E descrito por Wren, cuando el peso se dispusiera sobre la vertical del pilar. En cualquiera de los dos casos, Anderson advierte del importante ahorro de material que supone esta medida.

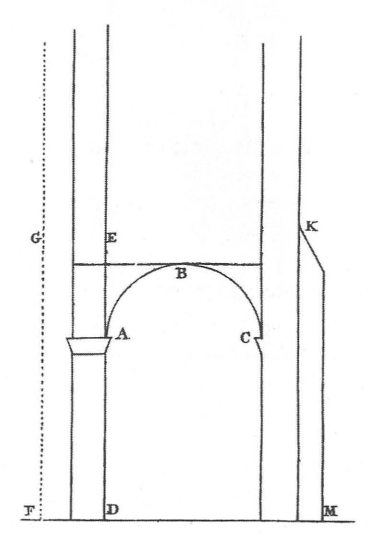
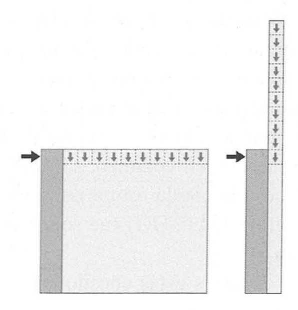


Figura 3
Esquema de contrarresto de un pilar gótico (Wren 1750)

La idea de Anderson de que la adición de un peso en la parte superior de un estribo contribuye a mejorar su estabilidad es correcta desde el punto de vista de la mecánica (no obstante, más adelante se matizará esta afirmación). Sin embargo, se podría poner en duda el hecho de que para garantizar la estabilidad de un pilar sometido a un empuje de diez centenas sea necesario un peso vertical de al menos la misma magnitud, puesto que la estabilidad en las estructuras de fábrica depende en gran medida de la geometría de las mismas y no exclusivamente de las cargas a las que estén sometidas.

Las dos teorías descritas hasta el momento muestran similitudes evidentes, lo que conduce a pensar que, pese a que el texto de Anderson no contiene ninguna referencia a Wren, sus ideas beben directamente de las del arquitecto inglés. Durante el siglo XIX, varios autores continuaron defendiendo la idea de que el peso de los pináculos contribuye a la estabilidad de los estribos y que, por tanto, no son meros adornos. Así, Frankl (1960) cita los ejemplos de Costenoble, Wetter o Pugin (1843). Este último aseguraba que los pináculos, además de desempeñar una función estructural, la de incrementar la «resistencia»[4], cumplían también una función mística, como símbolo de la resurrección, y tenían además una razón de ser constructiva, como elementos diseñados para evacuar las aguas pluviales.


Figura 4
Interpretación de las dos alternativas propuestas por Anderson para el contrarresto de un pilar sometido a una fuerza de diez centenas (dibujo de la autora)

La siguiente aportación, en línea con los autores mencionados en el párrafo anterior, viene de la mano de Viollet-le-Duc, para quien los pináculos son elementos funcionales propios de una construcción inteligente en la que el carácter estructural-constructivo de cada una de sus partes se compatibiliza a la perfección con el rol decorativo que también desempeñan[5].

Viollet-le-Duc (1854-68) adopta como propias las teorías publicadas hasta el momento. Así, de entre todas las funciones de los pináculos, destaca el papel vital que juegan en la estabilidad del edificio. Para ello, aduce que el peso de estas piezas, que actúa en vertical sobre la cabeza de los estribos, contribuye a neutralizar los empujes de las bóvedas, lo que trae como consecuencia un incremento de la estabilidad del sistema de contrarresto (figura 5), o visto de otra manera, que la sección horizontal del estribo se pueda reducir, como ya había planteado Anderson. Asimismo, asegura que los pináculos colocados sobre las esquina de las torres contribuyen a reforzar las aristas de estos cuerpos sobresalientes en altura.

Viollet-le-Duc suma a este rol estructural de los pináculos, otros de índole también funcional, tales como la capacidad de impedir el vuelco de gárgolas y cornisas, la de evitar el deslizamiento de las albardillas y de las hiladas superiores en los estribos, la de dificultar la rotura de los arbotantes, la de reforzar las balaustradas o la de evacuar las aguas pluviales mediante canalones que los atraviesan. Si bien algunas de estas funciones ya fueron mencionadas por sus antecesores, hemos que destacar que es el primero en relacionar los pináculos con un posible deslizamiento de una parte de la estructura. A este respecto, asegura que los arbotantes ejercen un empuje en la cabeza de los estribos, el cual puede provocar que se deslicen las últimas hiladas del contrarresto, construidas en *tas de charge*, si éste no está suficientemente cargado con un peso vertical como el que pueden aportar los pináculos. Viollet-le-Duc fue también pionero en afirmar que la posición de los pináculos puede impedir la rotura de los arbotantes, si se construyen, en voladizo, sobre el punto en el que se produciría la citada rotura en el arbotante, y si su centro de gravedad (CDG) cae sobre el espesor del estribo (figura 6).

Al margen de todas estas cuestiones técnicas, Viollet-le-Duc no se olvida de subrayar cuán importante es la contribución estética de los pináculos al aspecto formal de una construcción medieval, lo que le permite reafirmarse sobre su principio del racionalismo en la arquitectura de la Edad Media (Tarrío 2009).

En las postrimerías del siglo XIX, Choisy recoge el legado de la doctrina de Viollet-le-Duc, convirtiéndose, sin duda alguna, en el más fiel de sus discípulos. Su obra (Choisy 1899) recoge, ordena y sintetiza las ideas de su maestro, pero en lo que respecta a los pináculos las alusiones son muy escasas. Esto puede ser debido a que, si bien creía que tenían una función estructural, la de aportar cierta estabilidad necesaria al estribo, consideraba que la función primordial de los pináculos era decorativa (Viollet-le-Duc parece atribuir mayor importancia al rol estructural que al decorativo), tal como se demuestra en el capítulo *Gables, Pinacles, Balustrades* de su obra.

Además de Choisy, durante los últimos años del siglo XIX y las primeras décadas del XX, varios autores continuaron defendiendo las ventajas estructurales que proporcionaba la adición de un pináculo en la parte

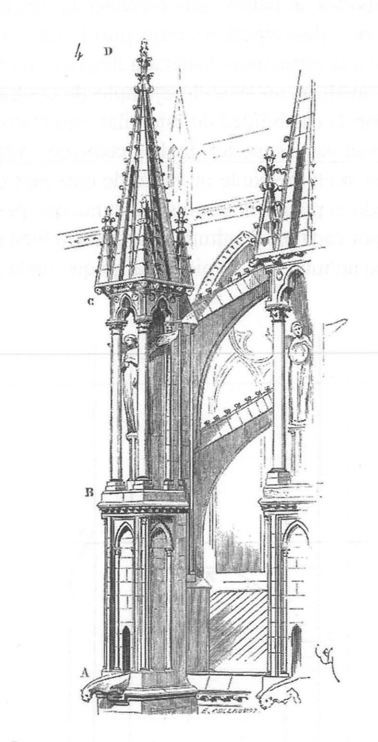


Figura 5
Pináculo de la catedral de Reims que Viollet-le Duc utiliza para explicar en qué medida el peso de cada uno de los tres tramos en que se divide este elemento contribuye a contrarrestar el empuje de los dos arbotantes (Viollet-le-Duc 1854-1868)

superior del contrarresto. De entre ellos, destacamos a Moore ([1890] 1906), Sturgis (1902), Enlart (1902-1916), Baudot[6] (1916) y Lasteyrie (1926).

El pináculo como elemento decorativo

El pensamiento de Viollet-le-Duc recibe su crítica más despiadada en la década de 1930, período durante el cual sale a la luz la tesis doctoral de Abraham (1934). En esta disertación se rebaten todos los argumentos sobre la construcción medieval defendidos por Viollet-le-Duc, desde el funcionamiento de arcos y elementos abovedados, hasta el comportamiento del sistema de contrarresto, pasando por sus ideas más filosóficas sobre la racionalidad en la arquitectura de la Edad Media. Los razonamientos de Abraham son a menudo tendenciosos, lo que nos lleva a pensar que la motivación de su tesis no está tanto en el desacuerdo con las teorías de Viollet-le-Duc sino en el intento de difamar al popular arquitecto.

Es por ello que quizá resulte sorprendente leer, en palabras de Abraham, que la teoría de Viollet-le-Duc sobre los pináculos no es criticable en sí misma. Esta aserción podría sugerir una tregua a su *enemigo intelectual*. Sin embargo, y nada más lejos de la realidad, las críticas a Viollet-le-Duc también se suceden en lo que respecta a los pináculos. Así, en su opinión, las ideas de Viollet-le-Duc se aplicaron sin discernimiento alguno a todo edificio provisto de pináculos, incluso en aquellos casos en los que estas coronaciones databan, no de la época de la construcción del contrarresto, sino de un período muy posterior a éste, durante el cual dicho elemento fue añadido. Por este motivo, Abraham rechaza la idea de que el pináculo haya de tener siempre un papel importante en la estabilidad del edificio, puesto que, según él, un elemento que no siempre existió no puede adquirir súbitamente una relevancia vital en el comportamiento del edificio. Igualmente, basándose en el mismo argumento, se resiste a aceptar, por norma, la idea defendida por Viollet-le-Duc, de que los pináculos tienen un «rol activo» y que su empleo en la construcción constituye lo que denominó un «método preventivo».

Abraham clasifica los pináculos en dos grupos: los útiles (que funcionarían según las teorías de Viollet-le-Duc) y los que no lo son (a su parecer, los más habituales en la arquitectura medieval). Este segundo grupo es donde centra su discurso crítico, puesto que

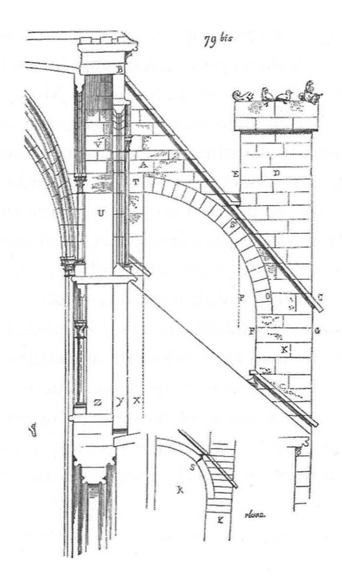


Figura 6
Pináculo de la iglesia de Notre-Dame de Dijon, en voladizo sobre el arbotante (Viollet-le-Duc 1854-1868)

entiende que cuando un pináculo no es útil, no aportará al conjunto los beneficios estructurales descritos por Viollet-le-Duc.

Según Abraham, la utilidad de un pináculo depende de su posición y peso en relación al resto del estribo. Así, por lo que respecta a la posición, si el peso del pináculo se sitúa sobre el eje que pasa por el CDG del estribo, la estabilidad del edificio aumenta, pero si éste se aproxima a la cara exterior, se puede producir el efecto contrario. En lo tocante al peso del pináculo, Abraham opina que su influencia en los masivos y pesados estribos medievales suele ser bastante irrelevante, pues la mayor parte de las veces no llega a ser si quiera la centésima parte del peso total del contrarresto, en el que incluye, no solo su propio peso, sino también el de la parte proporcional de bóvedas, muros y demás elementos cuyo peso se transmite a los contrafuertes.

La crítica de Abraham no es la primera ni la última que recibe esta corriente ideológica que ensalza las cualidades estructurales de los pináculos. En los albores del siglo XX, Hamlin (1916, 1917) ya había puesto en duda la capacidad de los pináculos para contrarrestar el empuje de los arbotantes, debido a que consideraba que su peso no era suficiente para desempeñar tal labor. Hamlin también avanzó la idea de Abraham de que si los pi-

náculos tienen una función estructural, su posición más eficaz será cuando su peso actúe sobre la mitad interior del estribo y lo hizo en respuesta a Moore ([1890] 1906), quien aseguraba que estos elementos de coronación resultaban más eficaces en términos estructurales cuanto más hacia fuera se hubieran construido.

Después de Abraham, Frankl (1960) retoma la crítica a Viollet-le-Duc advirtiendo del contrasentido que supondrían las ideas sobre el papel estructural de los pináculos, fundamentalmente las relativas a que el peso del pináculo contribuye a la estabilidad del estribo, ya que plantean la paradoja de que cuanto más cargado está el pilar, más delgado se puede construir. Frankl se muestra, además, bastante escéptico respecto a la idea de que los pináculos aportan la estabilidad necesaria para soportar el empuje de los arbotantes, pues entiende que, de ser así, tanto los arbotantes como las bóvedas colapsarían si se suprimieran los pináculos.

Análisis de las teorías sobre los pináculos

Una vez planteadas las diversas teorías sobre el rol de los pináculos en la arquitectura gótica, pasaremos a analizar su grado de veracidad en el marco de la teoría del análisis límite de estructuras de fábrica (Heyman 1995, Heyman 1999). Este estudio se apoyará en los resultados arrojados del análisis de la estabilidad de la Sainte Chapelle de Paris, cuya disposición, en una única nave sin arbotantes al exterior, ofrece un magnífico ejemplo de sistema de contrarresto de las bóvedas, en el que la función estructural de los pináculos puede ser relativamente fácil de identificar. La figura 7 muestra las cinco situaciones del estribo que se van a analizar: con y sin el pináculo actual, con el pináculo desplazado hacia el interior y hacia el exterior y con un pináculo mucho más pesado que el actual. Las funciones ornamentales y constructivas de los pináculos, descritas en apartados anteriores, son incuestionables, por lo que el estudio que pretendemos abordar a continuación se centrará únicamente en los aspectos relativos al papel estructural de estos elementos.

La condición de estabilidad de una fábrica construida con un material que cumpla tres postulados del análisis límite (resistencia infinita a compresión, resistencia a tracción nula, imposibilidad de deslizamiento) exige que la trayectoria de las fuerzas —línea de empujes—, esté contenida dentro de la estructura. La figura 8a muestra el trazado de una línea de empujes en la sección transversal de la Sainte Chapelle. Los valores de los empujes de las bóvedas se han tomado de González (2007): los de la planta superior (H_s = 217 kN y V_s = 351 kN) se determinaron mediante el método de los cortes (Heyman 1999), mientras que los de la planta baja (H_i = 105 kN y V_i = 336 kN) se estimaron utilizando las tablas de Ungewitter, publicadas por Heyman (1999). Adicionalmente, se ha supuesto que la resultante de fuerzas en el pilar de planta baja pasa por el centro de su base y que el arbotante transmite únicamente un empuje horizontal de valor H_a = 65 kN (González 2007).

Es importante señalar que, debido a que las estructuras de fábrica son altamente hiperestáticas, estos valores representan únicamente una de las infinitas soluciones de equilibrio posibles. La ventaja de este planteamiento radica en que conocidos los valores de los empujes de las bóvedas, el análisis del sistema de contrarresto es un problema estáticamente determinado, lo cual permite estudiar de una manera aislada y sin contaminación de otros parámetros, los efectos de los pináculos en los elementos de contrarresto.

Una estructura de fábrica es estable si su forma es adecuada, y su seguridad viene determinada por su geometría. En las condiciones anteriormente descritas, el coeficiente geométrico de seguridad[7] (CGS) en la base del estribo de la Sainte Chapelle es de 3,04, prácticamente igual al que obtenemos cuando suprimimos el pináculo (figuras 7b y 8b), cuyo valor resulta ser 3,03 (ver tabla 1). Si desplazamos el pináculo hacia el interior (figuras 7c y 8c), de modo que la línea de acción de su peso coincida con la vertical del CDG del estribo, el coeficiente de seguridad aumenta levemente hasta 3,14, lo cual denota un ligero incremento de la estabilidad del contrarresto. En cambio, si el desplazamiento se produce hacia el exterior (figuras 7d y 8d), el CGS se reduce a 2,96 y la estabilidad disminuye aunque no de manera alarmante.

Con este sencillo ejemplo queda demostrado que Abraham estaba en lo cierto cuando afirmaba que un pináculo situado sobre el CDG del contrarresto aumenta la estabilidad del edificio, mientras que si el pináculo se construye próximo al borde exterior la estabilidad decrece. Asimismo ratificamos la postura de Hamlin y, por ende refutamos la de Moore, sobre cuál es la posición más eficaz de los pináculos desde un punto de vista estructural. No obstante, se puede poner en duda que estas extremadamente pequeñas variacio-

nes en la estabilidad del estribo puedan llegar a ser determinantes en la estabilidad global del edificio y que realmente la adición de un pináculo a un estribo pueda tener un efecto significativamente negativo en el comportamiento estructural del mismo. De igual modo, se puede cuestionar la probabilidad de que el peso del pináculo actúe realmente por fuera del CDG del estribo. A este respecto, Abraham asegura que, por razones estéticas, es frecuente encontrar pináculos próximos al borde del estribo; y si bien esto es cierto, también lo es el hecho de que los estribos suelen tener un perfil escalonado en el exterior (como en la Sainte Chapelle o, mucho más exageradamente, en la catedral de Chartres) y, en ocasiones, perforadas en el interior las partes más bajas, lo cual desplaza su CDG hacia el exterior haciendo más improbable que el peso del pináculo actúe por fuera de éste.

Incrementar el peso del pináculo de la Sainte Chapelle (figuras 7e y 8e) conlleva efectos positivos en la estabilidad del edificio (ver tabla 1), tal como venían defendiendo los partidarios de ensalzar el rol estructural de los pináculos. Sin embargo, al igual que en los casos anteriores estos efectos son poco relevantes en términos de estabilidad global, lo que apoya la tesis de Abraham y la de los que como él veían en este elemento una pieza ornamental de la arquitectura medieval, puesto que pasar de no tener pináculo a tenerlo conlleva un intrascendente aumento del 0,33% de la estabilidad global. Tendríamos que aumentar el peso del pináculo hasta diez veces su valor actual para alcanzar un incremento en la citada estabilidad de casi el 3%, lo que daría un resultado similar al obtenido cuando situamos el pináculo sobre la vertical del CDG del estribo (ver tabla 1). Esta circunstancia revela que, dentro de sus limitadas posibilidades, la opción de desplazar el pináculo es más efectiva y, por supuesto, mucho más económica que la de añadir más peso en la cabeza del contrarresto. Tal como se muestra en la tabla 1, el CGS máximo que podríamos alcanzar aumentando el peso del pináculo en su posición actual es 3,42 que sería el correspondiente a un pináculo de peso infinito que provocaría que la resultante de empujes en la base del pilar coincidiera en la vertical del peso de este elemento de coronación del contrarresto.

Abraham nunca hizo una lectura conjunta de los factores que, según decía, determinan la utilidad de los pináculos, lo que le hubiera inducido a preguntarse cómo un peso que hemos considerado de magnitud despreciable puede llegar a disminuir o aumentar la estabilidad del edificio. La respuesta a esta pregunta, que Abraham nunca se hizo, la encontramos en que el mayor beneficio estructural que aporta el pináculo está relacionado, no tanto con su contribución a la estabilidad global del conjunto que, aunque existe, hemos visto que es muy pequeña, sino con la estabilidad local

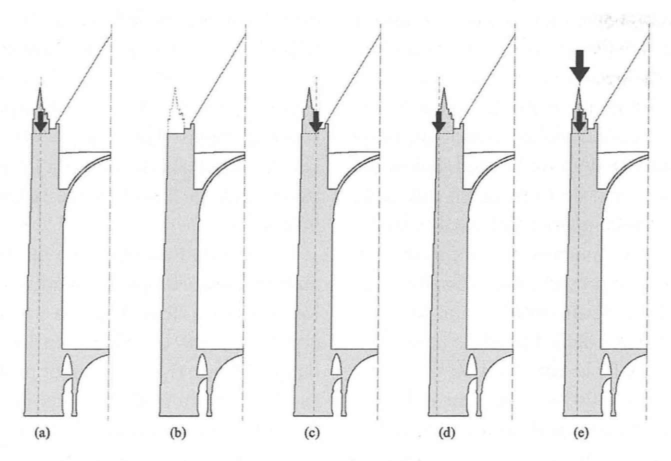


Figura 7
Casos de estudio del contrarresto de la Sainte Chapelle: pináculo actual (a), estribo sin pináculo (b), pináculo actual desplazado 0,88 metros hacia el interior hasta hacerlo coincidir con el CDG del estribo (c), pináculo actual desplazado 0,88 metros hacia el exterior (d), pináculo en su ubicación actual y con un peso equivalente al de cincuenta veces el peso del pináculo actual (e) (dibujo de la autora)

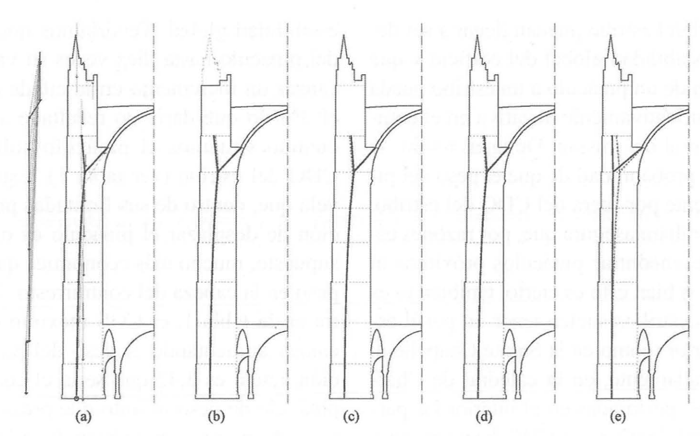


Figura 8
Polígono de fuerzas y líneas de empujes en el estribo de la Sainte Chapelle para los cinco casos descritos en la figura 7 (se han representado utilizando el mismo orden). Sobre las figuras de los casos (b-e) se ha marcado, en línea gris discontinua, el trazado de la línea de empujes del pináculo actual (dibujo de la autora)

en la cabeza del estribo, como ya había apuntado Viollet-le-Duc, y posteriormente Enlart, al advertir del problema de deslizamiento en las inmediaciones del pináculo.

Una de las tres hipótesis básicas en torno a las cuales se articula la teoría moderna de estructuras de fábrica sostiene que la imposibilidad de fallo por deslizamiento es habitual en todas las partes de la estructura. Sin embargo, el propio Heyman (1999), autor de dicha teoría, matiza que en ocasiones, y utiliza para ello el ejemplo del pináculo, es necesario un «cierto nivel mínimo de tensión global de compresión con el fin de lograr el suficiente rozamiento que impida el deslizamiento». Así, cuando añadimos un pináculo a una estructura aumentamos la inclinación del empuje y, con ello, la fuerza de rozamiento que evita el deslizamiento de la parte superior del estribo, es decir, que el pináculo estaría funcionando como un elemento de pretensión a compresión. En la Sainte Chapelle, la adición del pináculo implica un notable incremento de más del 12% de la fuerza de rozamiento a la altura del arranque de la bóveda. Este porcentaje se dispara hasta más de 124% si en lugar del pináculo actual colocamos otro cuyo peso sea diez veces superior. La fuerza de rozamiento depende únicamente del peso y del ángulo de rozamiento, de lo que se deduce que la posición del pináculo (hacia el interior o hacia el exterior) no comprometerá la estabilidad local de la cabeza del estribo. Teóricamente, su ubicación sí que podría afectar a la estabilidad global del conjunto, pero, como ya hemos demostrado, su efecto es tan despreciable como el provocado por el peso en sí del pináculo.

La contradicción que Frankl observa en la teoría de que añadir peso a un estribo permite reducir la sección del mismo merece cierta atención. Su razonamiento sería correcto en caso de que las tensiones en la fábrica estuvieran próximas a la tensión de rotura a compresión. Sin embargo, la realidad es que el fallo de una estructura de fábrica por resistencia del material es altamente improbable debido a que las tensiones de trabajo en este tipo de construcciones son muy bajas (Heyman 1999). No en vano, una de las tres hipótesis de la teoría de estructuras de fábrica asume que la fábrica tiene resistencia a compresión infinita.

El error de Frankl, y que también cometieron otros autores como Pugin o Baudot, es no discernir entre los conceptos de resistencia y estabilidad. Más aún en construcciones de fábrica en las que el requisito fundamental que rige el comportamiento de la estructura es el de estabilidad y en las que la resistencia juega tan solo un papel secundario, justo al contrario de lo que sucede en las estructuras modernas de edificación. Un aumento de la carga transmitida al soporte, como consecuencia de la presencia de un pináculo no tendrá, pues, una repercusión notable en el comportamiento del edificio en términos de resistencia. Por

Pináculo	CGS	ΔCGS (%)	Normal en arranque bóveda (kN)	ΔFroz (%)	σ en base estribo (N/mm²)	$\Delta\sigma / \sigma_{rotura}$ (%)
Sin pináculo	3,03	-	1755,94	-	0,55	-
Actual (P)	3,04	0,33	1974,62	12,45	0,57	0,05
Exterior	2,96	-2,31	1974,62	12,45	0,57	0,05
Interior	3,14	3,63	1974,62	12,45	0,57	0,05
2P	3,05	0,66	2193,30	24,91	0,58	0,09
5P	3,08	1,65	2849,34	62,27	0,64	0,23
10P	3,12	2,97	3942,74	124,54	0,73	0,45
50P	3,26	7,59	12689,94	622,69	1,45	2,25
∞P	3,42	12,87	-	-	-	-

Tabla 1
Resultados de los análisis de estabilidad del estribo de la Sainte Chapelle (tabla de la autora)

contra, este incremento de carga sí puede comportar algún efecto beneficioso para la estabilidad, lo que evidencia lo errado del razonamiento de Frankl. En la Sainte Chapelle, añadir el pináculo al edificio incrementa 0,02 N/mm² la tensión en la base del estribo, lo cual no constituye ni siquiera el 0,05% de la tensión de rotura a compresión de una arenisca media que ronda los 40 N/mm². Si en lugar del pináculo actual colocamos otro cuyo peso sea diez veces superior, este porcentaje se amplían hasta el también irrisorio valor de 0,45%.

Viollet-le-Duc, en cambio, sí parecía tener clara la diferencia entre estos dos conceptos y lo demostró con su argumento de que un incremento de carga en la cabeza de un soporte permite aumentar su estabilidad y al mismo tiempo reducir su sección.

El último comentario de este análisis de las teorías sobre el papel de los pináculos versará sobre el potencial de estos elementos como partes de la construcción que pueden prevenir la rotura de los arbotantes. Los rellenos en los senos de las bóvedas permiten que los empujes se puedan transmitir por fuera de la sección de la plementería de la propia bóveda. Si esta idea se traslada a los pináculos alzados sobre los arbotantes, tendremos que, efectivamente, los pináculos así dispuestos funcionan como una vía de escape para los empujes que se transmiten por los arbotantes, lo cual minimiza las posibilidades de formación de articulaciones en estos últimos elementos y, por ende, reducen la probabilidad de rotura de los mismos.

Conclusiones

A la luz de todo lo expuesto, y tal como se ha venido defendiendo en el curso de la historia, podemos afirmar que los pináculos desempeñan, además de los indiscutibles roles ornamentales y constructivos, un claro papel estructural en la arquitectura de la Edad Media.

Sin embargo, conviene aclarar que la función estructural de estos elementos de coronación de los estribos no es tan vital para el conjunto de la estructura como aseguraban autores de la talla de Viollet-le-Duc y como pueden serlo otras partes de las construcciones medievales (arbotantes, bóvedas, soportes, etc.). Ello es debido a que este rol estructural no está relacionado con la estabilidad global del conjunto, pues conforme a las demostraciones realizadas en la presente comunicación ni el peso ni la posición de los pináculos son capaces de alterar significativamente los resultados que, a nivel global, afectan a la estabilidad del estribo.

Hecha esta observación, podemos concluir que el papel de los pináculos está ligado a la estabilidad local de la parte superior del sistema de contrarresto y, más concretamente, a la zona en la que los estribos reciben el empuje de las bóvedas o de los arbotantes. Los pináculos son, por tanto, elementos que, al margen de todas las cualidades estéticas o decorativas que puedan tener, fueron concebidos para solventar problemas estructurales de índole secundaria, entre los que destaca el del deslizamiento de las últimas hiladas de la ca-

beza del estribo. Es por este motivo, que los daños que se podrían derivar de un hipotético fallo de esta pieza tan característica de la arquitectura gótica, serían daños de carácter local o puntual de mayor o menor trascendencia que, a priori, no causarían la ruina completa del edificio.

NOTAS

1. Para la presente comunicación se ha utilizado la versión original en alemán de estos dos documentos y su traducción al inglés por Shelby (1977). Esta traducción incluye un análisis crítico de las citadas publicaciones de Roriczer y Schuttermayer y de sus diferentes ediciones a lo largo de la historia. El contenido de estos documentos también ha sido estudiado por (Frankl 1960).
2. El texto íntegro de estos informes se puede consultar en la biografía sobre la familia Wren compilada por el hijo de Sir Christopher Wren, (Wren 1750), o en las memorias sobre Wren de (Elmes 1823).
3. «Ten hundred weight» (Anderson 1800).
4. Pugin utilizó los términos «strengh» y «resistance» para referirse a aquello que los pináculos incrementaban. Estos términos nos son correctos, pues a lo que realmente se está refiriendo Pugin es a la estabilidad y no a la fuerza o la resistencia. Cuando Frankl parafrasea a Pugin corrige este error y utiliza la palabra estabilidad.
5. Las ideas principales de Viollet-le-Duc sobre los pináculos se encuentran en su entrada *Pinacle* del *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle* (Viollet-le-Duc 1854-68). Las entradas *Contrefort*, *Arc-boutant*, *Clocher*, *Construction-Développement*, *Chapelle*, *Architecture*, *Tas-de-charge* y *Chéneau* contienen también referencias al comportamiento estructural o constructivo de los pináculos, y las entradas *Flèche*, *Ange* y *Animaux* inciden sobre el carácter ornamental de estos elementos.
6. Al igual que Pugin, Baudot confunde el concepto de resistencia con el de estabilidad y asegura que los pináculos aumentan la resistencia de los contrafuertes.
7. El coeficiente geométrico de seguridad define la posición relativa de la resultante con respecto al borde de la sección.

LISTA DE REFERENCIAS

Abraham, P. 1934. *Viollet-le-Duc et le rationalisme médiéval*. Paris: Vincént, Fréal et Cie.

Anderson, J. 1800. *Recreations in Agriculture, Natural-history, Arts, and miscellaneous literature*. Vol. 2. London: Bensley.

Baudot, A. 1916. *L'Architecture, le Passé, le Present*. Paris: Henri Laurens.

Choisy, A. 1899. *Histoire de l'architecture*. Vol. 2. Paris: Gauthier - Villars.

Elmes, J. 1823. *Memoirs of the life and works of Sir Christopher Wren, with a brief view of the progress of architecture in England, from the beginning of the reign of Charles the First to the end of the seventeenth century; and an appendix of authentic documents*. London: Priestley and Weale.

Enlart, C. 1902-1916. *Manuel d'archéologie française*. Vol.1. Paris: Alphonse Picard et Fils.

Frankl, P. 1960. *The Gothic: literary sources and interpretations through eight centuries*. Princeton: Princeton University Press.

González Collado, P. 2007. *Análisis estructural de la Sainte Chapelle du Palais de París*. Inédito

Hamlin, A. 1916-1917. «Gothic architecture and its critics». *Architectural Record*, 39: 338-354, 419-435; 40: 97-113; 41: 3-19.

Heyman, J. 1995. *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica. Colección de ensayos*. S. Huerta (ed.). Madrid: Instituto Juan de Herrera

Heyman, J. 1999. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Lasteyrie du Saillant, R. 1926. *L'Architecture religieuse en France à l'époque gothique*. Vol. 1. Paris: Auguste Picard.

Moore, C. [1890] 1906. *Development & character of gothic architecture*. New York: MacMillan.

Pugin, A. 1841. *The true principles of pointed or Christian architecture*. Edinburg: John Grant.

Roriczer, M. [1486] 1845. *Das Büchlein von der Fialen Gerechtigkeit*. Crier: Druck und Verlag

Schuttermayer, H. (ca. 1489). *Fialenbüchlein*. Nuremberg: Georg Stuchs.

Shelby, L. 1977. *Gothic design techniques: The fifteenth-century design booklets of Mathes Roriczer and Hanns Schmuttermayer*. London and Amsterdam: Southern Illinois University Press.

Sturgis, R. 1901-1902. *A Dictionary of Architecture and Building*. Vol. 3. London: MacMillan.

Tarrío Alonso, I. 2009. «Pol Abraham y la crítica al racionalismo de Viollet-le-Duc». *Actas del sexto congreso nacional de historia de la construcción,* 2:1393-1406. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Viollet-le-Duc, E. 1854-1868. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI au XVI siècle*. Paris: A.Morel.

Wren, C. 1750. *Parentalia: or, memoirs of the family of the Wrens*. London: Stephen Wren.

Las bóvedas de crucería en el Llibre de trasas de viax y muntea de Joseph Ribes

Fabio Tellia

El *Llibre de trasas de viax y muntea* de Joseph Ribes, datado 1708, destaca, sin duda, por la colección de modelos de bóvedas de crucería. Ribes desarrolla un amplio repertorio de curiosas soluciones, que quizás constituyan los prototipos más originales de su tratado. Describe 40 ejemplos de bóvedas de crucería de complejidad geométrica creciente, la mayoría de los cuales son bóvedas en planta cuadrada, mientras un menor número son en planta rectangular, triangular, ochavada y redonda[1]. Son bóvedas sorprendentes por la originalidad, la inesperada geometría de los nervios y por la insólita posición y numero de las claves (figura 1). Estas trazas señalan una presencia de la bóveda de crucería todavía plena de vitalidad en el siglo XVIII y nos permiten observar entonces que el Gótico Tardío, aquel que se construye a lo largo de los siglos XV y XVI, extiende su longevidad a los albores de 1700.

Con respecto al Alto Gótico, los diseños de las bóvedas adquieren caracteres más complejos y elaborados, mientras al mismo tiempo se desarrollan técnicas que permitían facilitar el trazado y la construcción de las mismas. La construcción gótica está caracterizada por una tendencia hacia la búsqueda de la estandarización y de la simplificación. Esta estrategia quiere lograr construir una compleja bóveda de crucería con el menor número posible de arcos diferentes.

De esta forma la ejecución de las dovelas se simplifica en cierta medida, pero las ventajas son más relevantes especialmente en aspectos relacionados con la organización y construcción de la obra[2]: las piezas estándar reducen las exigencias de numeración y clasificación para el almacenamiento; la consecuente coordinación para colocar las dovelas en su sitio correcto es simplificada notablemente. La superficie de la bóveda podría ser contemplada como una trama tridimensional formada por fragmentos de arcos, cuya crucería podría describirse como una trama espacial de elementos lineales discontinuos que se enlazan entre sí mediante nudos[3]. La cáscara de la plementería se fragmenta en celdas definidas por los nervios, y las bóvedas pueden adoptar formas geométricas muy variadas.

La estereotomía medieval se basa por lo tanto en la línea y permite la determinación de cualquiera curva en el espacio cuando es conocido su punto de partida y de llegada. El sistema lineal permite que los nervios se construyan mediante dovelas realizadas con un corte *por robos* con la ayuda de un *baibel*. Simultáneamente, hacia la mitad del s.XVI, en época renacentista, aparecen las bóvedas góticas de casquete esférico. El renovado gusto por las formas clásicas y los nuevos recursos geométricos permiten determinar y tallar en piedra cualquier porción de la superficie de intradós de una bóveda. Ahora el método de labra de las dovelas toma como referencia su cara intradós y se basa en las formas geométricas claras y rotundas que caracterizan las bóvedas clásicas.

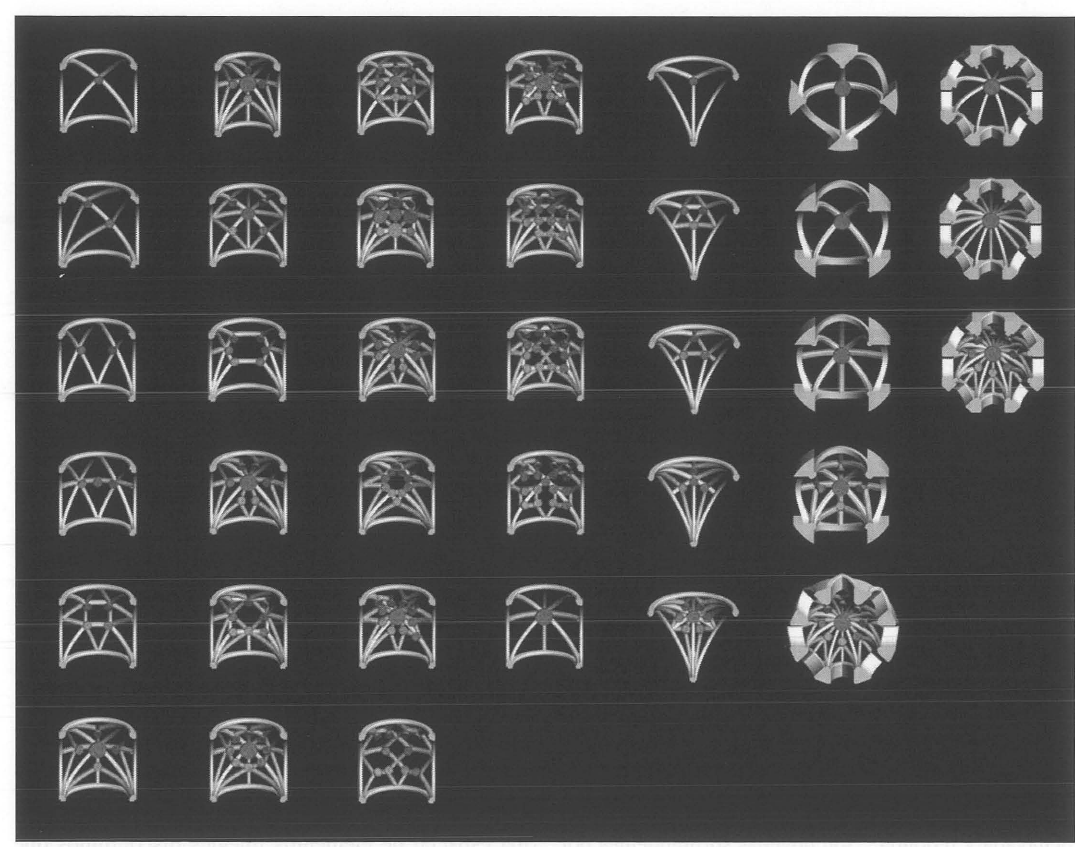


Figura 1
Modelado de las bóvedas de crucería del *Llibre de trasas de viax y muntea* (dibujo del autor 2013)

Las bóvedas de crucería en el tratado de Ribes

En la tratadistica Española, el estudio de la bóveda de crucería es un tema desarrollado por diferentes autores y con una cierta continuidad a lo largo de los siglos, sin embargo ningún autor le dedica el espacio que le reserva Ribes.

La descripción de Rodrigo Gil y el trazado de Hernan Ruiz (c.1560) nos informan de las tradiciones de cantería de los talleres medievales que habían venido evolucionándose hasta entonces. Rodrigo Gil describe la construcción y montaje de una bóveda gótica semiesférica, Hernan Ruiz de una bóveda de rampante redondo tendente a la esfericidad.

Ribes aprovecha la sencillez y la efectividad de la construcción gótica aplicando las técnicas medievales a las formas renacentistas, descostándose en este sentido de Vandelvira (c.1591) que substituye los procedimientos de la cantería medieval con el método de talla de dovelas esféricas.

Los dibujos del Llibre de Trasas recuerdan la obra de Joseph Gelabert, *De l'art de picapedrer*, próxima al tratado de Ribes por área geográfica y por fecha, pero, conceptualmente, son espacios completamente distintos. El mallorquín crea abovedamientos góticos con plementerías alabeadas entre los nervios apuntados, mientras Ribes resuelve la bóveda con un intradós de superficie esférica a la manera en auge en las grandes obras góticas castellanas del s. XVI. Independientemente de la geometría de la planta, sea po-

ligonal o redonda, todas las trazas presentan arcos de crucería de medio punto y rampante redondo.

La geometría perfectamente esférica de la cáscara implica que todos los nervios tengan radio diferente y presupone una complejidad en la construcción que mal convive con los principios de estandarización del gótico, especialmente en el caso de las trazas caracterizadas por una intricada malla de nervios y terceletes. Podemos entonces suponer que Ribes representa las bóvedas con geometría esférica para simplificar el método de dibujo y al mismo tiempo para apreciar y comparar con más facilidad el entramado de los nervios de las diferentes monteas.

Entre sus trazas de bóvedas de crucería, propone trazas frecuentes en el territorio catalán, como las que cubren algunas capillas o espacios más modestos como la sala de las campanas en las torres campanarios góticas; aborda también disposiciones de nervaduras conocidas tanto en Castilla como en Cataluña y en el Levante, y se enriquece de nuevas interpretaciones e innovaciones planteadas probablemente como juegos de geometría. Podemos recordar la influencia de la cantería valenciana en las bóvedas de Cataluña, como es el caso de Miquel Maganya y Antoni Queralt en Bellpuig[4], o cuando tras las Germanías en 1522, muchos de los maestros formados en Valencia se desplazaron a otras regiones para trabajar, Cataluña incluida.

El diseño de la bóveda atribuida a Miquel Maganya en el monasterio de Bellpuig (1515) aparece en el tratado de Ribes (figura 2). Esta crucería, en la que los nervios diagonales desaparecen, muy probablemente tiene su origen en las bóvedas de San Juan de los Reyes en Toledo, obra de Juan Guas que fue terminada en 1495. Juan de Badajoz llevó a cabo dos versiones de este diseño, una en la Catedral de León y otra que se encuentra en el tramo central del pórtico de la Catedral de Oviedo. En la nave de la Iglesia

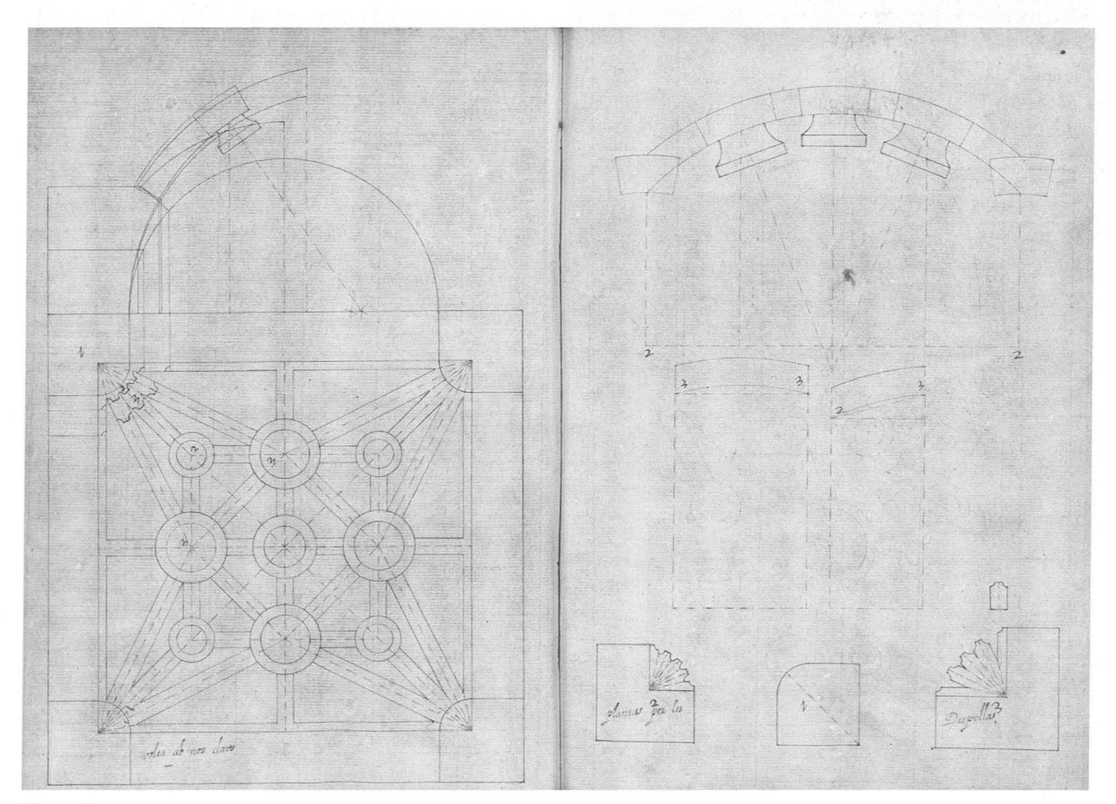


Figura 2
Ribes, Folio 127 (Biblioteca Nacional de Cataluña 2009)

de Santa Maria en Onteniente, en la Comunidad Valenciana, encontramos también este modelo que fue construido entre 1518 y 1530.

Es interesante señalar como en Cataluña aparecen otros ejemplos menores: uno en el acceso lateral de la Capilla del Hospital de la Santa Creu (figura 3), acabada en 1444 aunque no sabemos con seguridad si la bóveda es del s. XVI o fue reconstruida en la reforma del s. XVIII; el otro en el claustro de la Colegiata de Sant Pere de Àger (figura 4) Lleida, que se acabó a principio del s. XVI. El utilizo de arcos cruceros de medio punto es una característica utilizada en la tradición constructiva del gótico catalán para cubrir espacios mas acotados por dimensión e importancia[5].

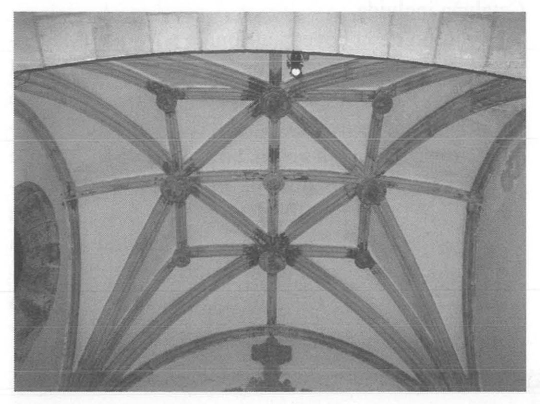


Figura 3
Capilla del Hospital de la Santa Creu, Barcelona (foto del autor 2013)

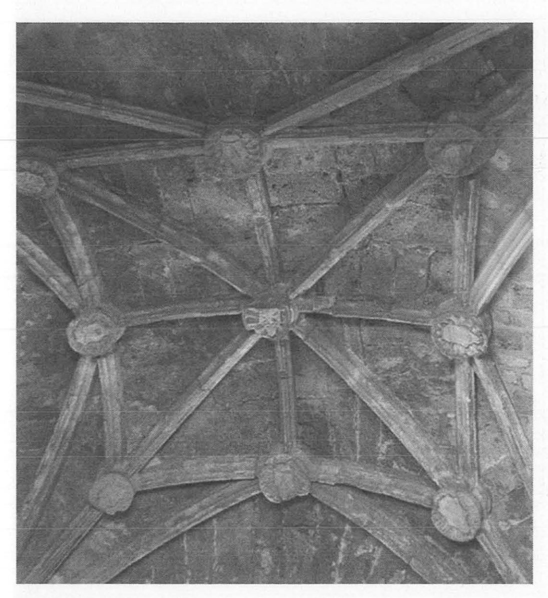


Figura 4
Colegiata de Sant Pere de Àger, Lleida (foto del autor 2008)

Sin embargo, el uso del rampante redondo, que origina una bóveda que tiende hacia la esfericidad, es inusual. Probablemente el ejemplo más notable es la capilla de los Santos Felipe y Jaime el Menor en el claustro de la Catedral de Barcelona, acabada por Bartolmeu Gual en 1431 (figura 5). La superficie de intradós es levemente cupulada, es una mejor dicha bóveda baída, aunque solo parcialmente ya que la superficie es próxima a la esfera solo en las celdas centrales y es reglada en las celdas que conectan esta porción a los arcos formeros.

Dicho ejemplo es muy parecido a la bóveda de 9 claves de la capilla dedicada a la Virgen de la Misericordia construida entre 1484 y 1486 en la Lonja de Valencia (figura 6), donde se piensa que haya colaborado Juan Guas, maestro mayor de obras de los Reyes Católicos. Es interesante notar la semejanza también con el diseño las bóvedas siempre de Juan Guass del Real Monasterio de Santo Tomás de Ávila, terminado en 1493[6]. Este es uno de los modelos que Ribes describe y llama *volta ab nou claus* (figura 7). Los últimos ejemplos de bóvedas del *Llibre de trasas* son las crucerías en planta triangular, redonda y

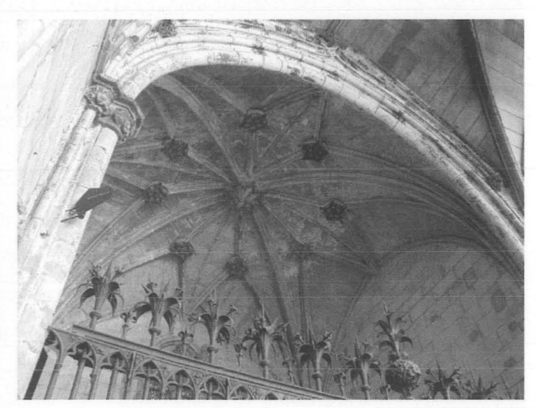


Figura 5
Capilla de los Santos Felipe y Jaime el Menor, Catedral de Barcelona, acabada por Bartolmeu Gual en 1431 (foto del autor 2013)

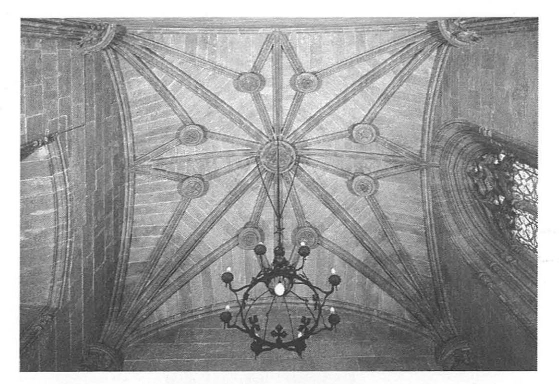


Figura 6
Capilla dedicada a la Virgen de la Misericordia construida entre 1484 y 1486 en la Lonja de Valencia (foto del autor 2010)

ochavada. La gramática gótica utilizaba principalmente nervios y terceletes para resolver la transición entre formas cuadradas y poligonales (figura 8), en sustitución a las trompas del Romanico; dichos elementos de transición tomaban el aspecto de crucerías en planta triangular que Ribes dibuja en su forma ideal de bóvedas de intradós esférico con planta de triangulo equilátero (figura 9). Las trazas de las crucerías en planta ochavada y redonda conformaban las cabeceras de los templos (figura 10), los cimborios y, en los casos mas sencillos, los espacios abovedados de las torres campanarios.

Consideraciones constructivas

Catalogadas de manera pedagógica, las trazas de las crucerías del *Llibre* son de complejidad creciente: Ribes va aumentando en número de nervios hasta alcanzar las 17 claves. El diseño en planta responde a simetrías polares o axiales, a veces respecto al eje de

Figura 7
Volta ab nou claus (Biblioteca Nacional de Cataluña 2009)

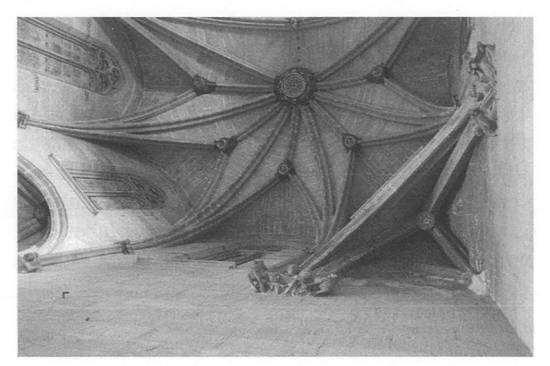


Figura 8
Capilla del Palu Episcopal de Tortosa (foto del autor 2009)

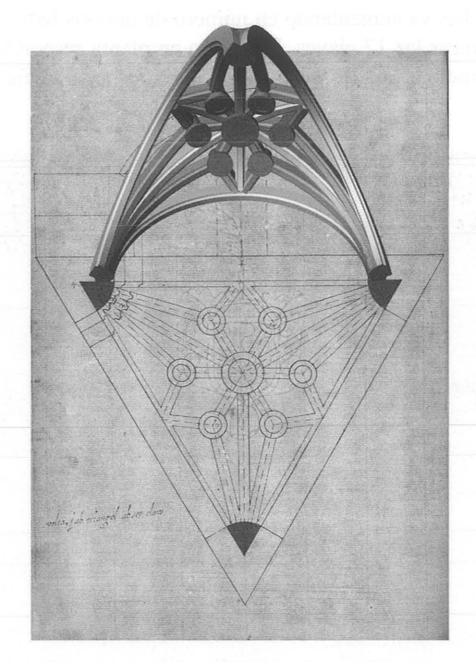


Figura 9
Volta ab triangol ab set claus (dibujo del autor 2013)

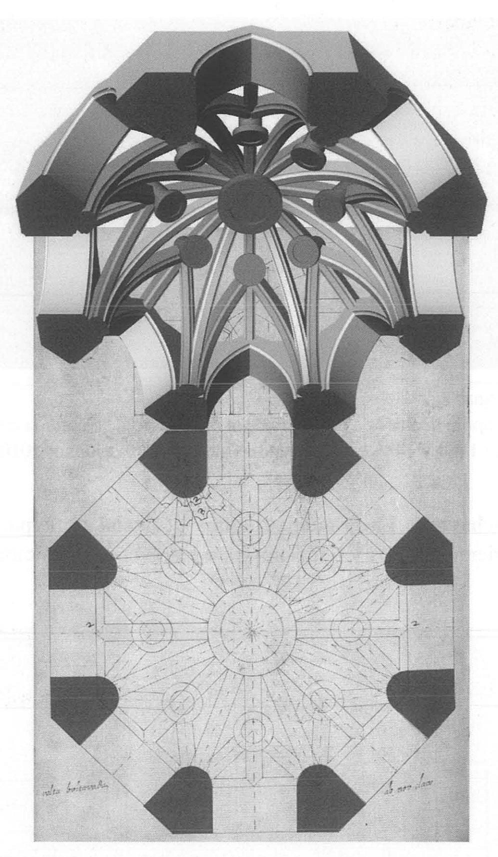


Figura 10
Volta buitavada ab nou claus (dibujo del autor 2013)

las coordenadas, a veces respecto a la diagonal de la planta. Como proponen Rodrigo Gil, Vandelvira y Gelabert, la bóveda empieza por cortes horizontales hasta un tercio de su altura donde los salmeres horizontales se cortan con la inclinación precisa para recibir los diferentes nervios, es decir, donde termina la jarja. A la altura de estos lechos horizontales los nervios se separan y cada arco describe su trayectoria independientemente.

En el enjarje dibujado por Ribes, ojivo y terceletes, que confluyen en un rincón de la bóveda, se funden y subsumen en el ángulo, solución ésta muy infrecuente que no obstante aparece también en el tratado de Vandelvira. Ribes completa la mayoría de las trazas con alzados, plantillas o secciones más relevantes. Define la geometría de las claves y las dibuja en alzado, orientadas hacia el centro de la bóveda según el gusto renacentista. Los nervios son perpendiculares al plano horizontal y los ángulos entre las caras de la plantilla de sección se mantienen rectos.

En sus dibujos no especifica la manera en la que los terceletes encuentran una clave secundaria; consi-

derando la colocación de los nervios y la inclinación de las claves, nos hace pensar que no haya sabido conciliar las dos geometrías. Ribes no se preocupa de recubrir los espacios entre los nervios, específica solo algunos casos de plementería esférica de los aparejos más sencillos que resuelve con dovelas adintelada entre los nervios mismos, de las cuales dibuja la longitud, el radio y el ángulo de la dovela con el plano horizontal.

El tratado no contiene ninguna referencia sobre la construcción de cimbras ni aborda el estudio de la decoración; solamente encontramos una tímida referencia decorativa en el contorno de las jarjas y en la sección de los nervios de las bóvedas de crucería que aparecen dibujados con secciones perfiladas.

Si se quisiera averiguar la construibilidad de las bóvedas del *Llibre de trasas*, se podrían hacer las siguientes consideraciones en respecto a la geometría de los nervios:

1. construir las bóvedas como están representadas, con todos los nervios de distinta curvatura, complicando el trabajo en obra por las razones mencionadas anteriormente.
2. construir las bóvedas con nervios de la misma curvatura. Para conectar los nervios en los puntos predeterminados se pueden inclinar los nervios cuyos arranques están a la misma altura o hacer que los nervios empiecen a alturas diferentes a través de un peralte en el arranque de las nervaduras.
3. «Discretizar» la construcción de los nervios utilizando una dovela relativamente pequeña siempre de la misma curvatura[7] y acomodándola a las cimbras de diferente radio con cuñas y mortero, ajustando en obra el ángulo de los lechos de contacto de las dovelas de los puntos mas críticos.

En el intento de dar un peso a las observaciones de economía de construcción y aspecto formal, se ha comparado a través de un modelo informático 3D las calidades de una bóveda perfectamente esférica cuyos nervios son de diferente curvatura (casos 1 y 3), con una bóveda cuya superficie se aproxima a la esfera (caso 2), pero construida utilizando arcos del mismo radio que, cuando necesario, vienen inclinados hacia delante hasta alcanzar las claves secundarias previamente definidas.

Se ha tomado como ejemplo la *volta ab dotsa claus* que se caracteriza por su simetría axial (figura 11). Los nervios diagonales desaparecen y no hay clave central, la cúspide de la bóveda es cerrada por una red de cuatro claves, excluyendo el formero, hacen falta 5 arcos diferentes para construir la trama de nervios de esta bóveda.

Como se explica en la tabla (tabla 1), observamos que seria posible construir esta bóveda utilizando siempre el mismo arco y conservando la misma altura y arranque de los arcos diagonales. El radio de los nervios procede del arco crucero que va a ser de medio punto. Con el solo inclinarse de un arco y el peraltar de una medida relativamente pequeña la altura de las claves es posible obtener una bóveda de arcos apuntados que visualmente es muy parecida a su modelo esférico (figura 12). Las claves permiten adaptar los encuentros entre los nervios y ocultar el cambio

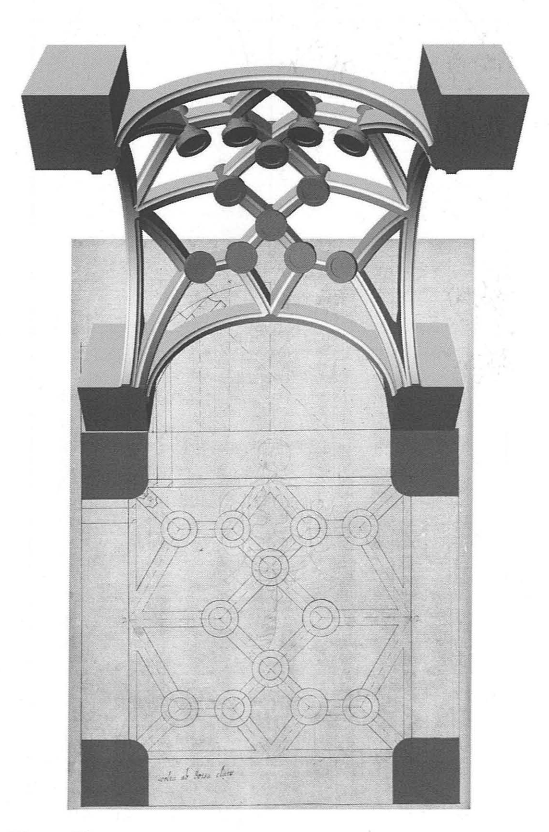


Figura 11
Volta ab dotsa claus (dibujo del autor 2013)

de pendiente entre los diferentes tramos. Considerando la similitud de las dos bóvedas, el uso de nervios con radios distintos conviene cuando se quiere enfatizar la esfericidad de la bóveda, cuando hay combados o nervios de una cierta complejidad que necesitan un soporte geométrico determinado para su dibujo y construcción, cuando no se utilizan claves, hay un aparato decorativo entallado en la piedra o para enfatizar la plementería en vuelta de horno.

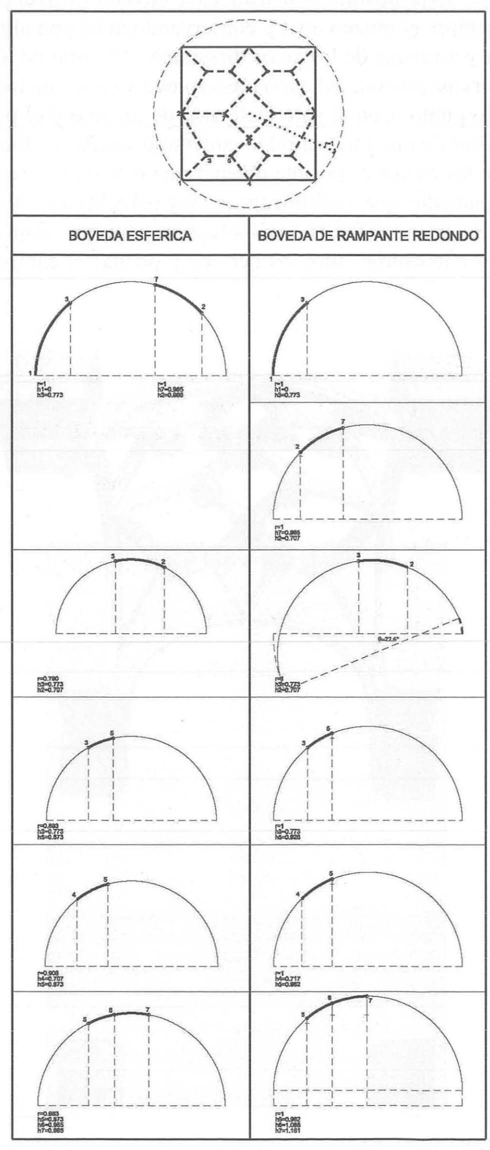


Tabla 1

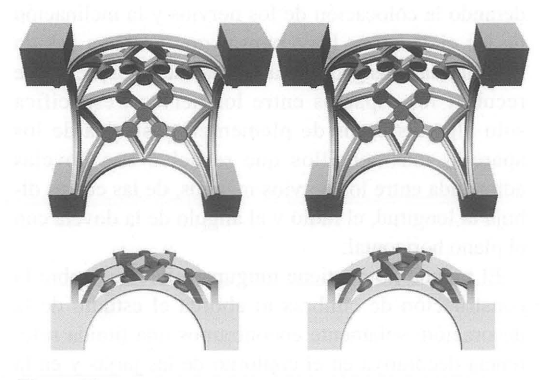


Figura 12
A la izquierda la bóveda esférica, a la derecha bóveda de arcos apuntados (dibujo del autor 2013)

Conclusiones

El sistema de nervadura gótica permite alcanzar formas clásicas simplemente adaptando la red de nervios a la superficie esférica: es en cierto modo una traición del sentido original del gótico. Se pierden algunas de las ventajas de una red de nervios de arcos apuntados respecto a una de arcos de medio punto, cuales la estandarización de los elementos, la reducción de los empujes laterales, la creación de superficies vidriadas mas extensas, la adaptabilidad a plantas irregulares. Pero también afirma la flexibilidad, la evolución de un sistema que es capaz de adaptarse a las nuevas geometrías y un elemento decorativo/estructural —el nervio— extremamente eficaz, que los maestros canteros han sabido utilizar en toda su potencia.

Las contribuciones de Rodrigo Gil, Hernan Ruiz y Vandelvira han sido notables por el valor del contenido pero limitadas en cuanto a número de ejemplos. Por otro lado, Joseph Ribes demuestra la eficacia del gótico como medio para construir formas clásicas con una técnica relativamente sencilla a través de las numerosas trazas de su tratado.

Las inesperadas soluciones formales de las bóvedas de Ribes, ponen de manifiesto el interés y rigor en la investigación de geometrías inéditas. Estas bóvedas vienen a enriquecer notablemente el corpus te-

órico de la estereotomía española y testimonian un interés especulativo en la composición de abovedamientos góticos que perdura hasta el s. XVIII.

Notas

1. 24 en planta cuadrada, 1 rectangular, 7 triangular, 5 redonda, 3 capillas ochavadas
2. Palacios y Talaverano 2012
3. Palacios 2009
4. Yeguas i Gasso 2004
5. por ejemplo las bóvedas del patio del Hospital de la Santa Creu de1414
6. Juan Guas entre 1478-1492 construía la bóveda sobre el crucero del Convento de Santa Cruz, Segovia, característica por su disposición de los nervios a cuadrifolio típico del área Toledana
7. también recta como en el caso del primer gótico estudiado por el arquitecto Rocío Vidal

Lista de referencias

Carbonell i Buades, Marià. 2008. «De Marc Safont a Antoni Carbonell. La pervivencia de la arquitectura gótica en Cataluña». *Artigrama: Revista del Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Zaragoza*, Núm. 23. pp. 97-148. Zaragoza: Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Zaragoza

Gomez Martinez, Javier. 1998. *El gótico español de la Edad Moderna: bóvedas de crucería*. Valladolid: Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Valladolid.

Iborra Bernad, Federico. 2009. «Consideraciones sobre la geometría y el trazado de las bóvedas de la Sala de Contratación de la Lonja de Valencia». *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Pp. 711-720Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Palacios Gonzalo, José Carlos. 1990. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*. Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Madrid: Munilla-Llería.

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2009. *La cantería medieval, la construcción de la bóveda gótica española*. Madrid: Munilla-Llería.

Palacios Gonzalo, José Carlos y Rafael Martín. 2012. «Complejidad y estandarización en las bóvedas tardogóticas». *Anales de Historia del Arte*, Vol. 22. pp. 375-387. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Rabasa Diaz, Enrique. 2011. *El manuscrito de cantería de Joseph Gelabert : titulado Vertaderas traçes del Art de picapedrer: transcripción, traducción, anotación e ilustración del texto y los trazados*. Madrid: Col.legi Oficial d'Arquitectes de les Illes Balears.

Ribes [i Ferrer], Joseph. 1708. *Llibre de trasas de vias y muntea*. Barcelona.

Tellia, Fabio. 2011. «El tratado de estereotomia de Joseph Ribes, 1708». *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp. 1413-1420. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Vidal, Rocío Maira. 2011. «Bóvedas sexpartitas: traza, estereotomía y construcción. Monasterio de Santa María de Huerta». *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. p. 827. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Yeguas i Gasso, Joan. 2004. «Obres al Convent de Bellpuig (1507-1535)». *Urtx: revista cultural de l'Urgell*, Núm. 17. Tàrrega: Museu Comarcal de l'Urgell.

Agua y territorio en la antigüedad. La construcción del sistema hidráulico de Senaquerib

Carmen Toribio Marín

Una de las grandes culturas fluviales de la Antigüedad, la mesopotámica,prosperósobre una franja de territorio conocida como Creciente Fértil. Una extensa área fértil, sí, pero no por sus condiciones naturales, casi todas desfavorables para el asentamiento y la vida humana, sino por la acción del hombre, que desarrolló unas técnicas hidráulicas que llegaron a alcanzar unas dimensiones, refinamiento y diversidad absolutamente asombrosas aún hoy. En Mesopotamialas construcciones hidráulicas se idearon en función del clima y de la particular geografía de la zona, condicionada por la ausencia de precipitaciones y por la presencia de dos ríos, el Tigris y el Éufrates. Ambos, en su nacimiento turbulentos, después de un largo recorrido llegan a la extensa planicie, donde al disminuir la pendiente toman la forma de meandros sinuosos que se desbordan de forma repentina. En su largo trayecto han ido depositando un lodo potencialmente fértil, pero el terreno, como se ha comprobado en los últimos siglos, es estéril sin agua. Por ello, los canales excavados a cielo abierto se convirtieron desde tiempos remotos en componentes fundamentales del sistema de riego, del suministro urbano, y además en medios de transporte y lugares de pesca.

A pesar de los numerosos precedentes, por su escala, complejidad, variedad y por la contundente belleza de los restos que 28 siglos más tarde quedan de sus obras, destacan especialmente los trabajos hidráulicos del rey Senaquerib (704- 681 a.C.). Elocuentemente el rey se presenta a sí mismo como «el que ordena excavar los canales, abre pozos, provoca el murmullo de las acequias de riego, establece la plenitud y abundancia en las anchas regiones de Asiria, lleva el agua de riego al interior de Asiria».[1]

Las cuatro etapas del sistema hidráulico de Nínive

Poco después de su coronación en el año 704 a.C., Senaquerib (como Ashurnasirpal en Nimrud y Sargon II en D_r- Sharruk_n), trasladará la capital del imperio a la antigua Nínive, ciudad entonces limitada por el Tigris y atravesada por uno de sus afluentes, el Khosr. Para dotar de agua a la ciudad y posiblemente integrando sistemas locales más antiguos, el rey realizó un ambicioso proyecto en cuatro etapas de escala y complejidad creciente (figura 1). [2]

El canal Kisiri

Un primer canal, realizado antes del 702 a.C., partía de Kisiri y posibilitaba el riego del nuevo jardín de plantación importada que el rey realizó en Nínive, así como de la parte alta de la ciudad, dividida en parcelas para huertos regados por acequias que partían del canal. El agua sobrante se destinaba a la irrigación de toda la planicie del Tigris.[3]El canal partía desde un afluente del Khosr en un lugar donde aún quedan los restos de una impresionante presa antigua, ash- Shallalat (figura 2).[4]La persistencia de los sistemas hi-

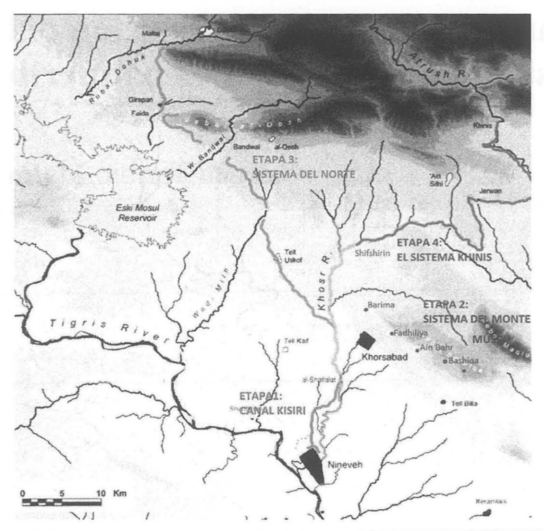


Figura 1
Las cuatro etapas del sistema hidráulico de Nínive (Autora sobre un plano de Ur 2005)

dráulicos a lo largo del tiempo es tal, que sutrazado se puede reconstruir en su totalidad: partiendo de la presa, el canal recorría unos 13,4 kilómetros, y en su tramo final, próximo a las murallas de Nínive, se dividía en un ramal oeste para el riego de la planicie y en otro al este, que llegaba hasta la Puerta de los Jardines, y que posiblemente fuera el que suministrara agua a los huertos de la parte alta de la ciudad (Reade 1978a, 66).



Figura 2
La presa de ash- Shallalat en la actualidad. Imagen digitalde Panoramio. http://www.panoramio.com/photo/82712857. (Consultado 25-05-2013)

El sistema del monte Musri

A partir del 694 a.C, en una segunda etapa, el propio rey escalará en Monte Musri (hoy Jebel Bashiqah) en busca de nuevas fuentes de agua, que hallará en los numerosos manantiales naturales de la zona y que llevará mediante nuevos canales hasta el río Khosr. En toda la planicie se pueden observar hoy los restos de estos antiguos canales. Con el agua obtenida se podía regar una superficie más extensa incluso en verano, aunque en primavera, cuando la nieve se derretía, el exceso de agua podía convertirse en una amenaza. Para evitarlo se planeó uno de los elementos más singulares de este sistema: un aliviadero cuidadosamente trazado. La idea quizás tuvo su origen en las campañas contra Merodach- Baladán y Nergalushez_b realizadas entre los años 702 y 700, que llevaron al rey hasta las marismas del sur de Babilonia. La belleza del paisaje, tan ajeno al mesopotámico, debió impresionar a Senaquerib hasta tal punto que para acomodar los picos de caudal del sistema, construirá una marisma artificial, donde plantará juncos y soltará cisnes salvajes, aves acuáticas y otros animales, a imitación de la fauna de las marismas de Babilonia (Dalley 1993, 5; Jacobsen y Lloyd 1935, 34). Así, en el siglo VII a.C Senaquerib empleó un método similar al recientemente redescubierto por los ingenieros actuales: la marisma artificial, método óptimo para regular la corriente, filtrar el agua y albergar vida salvaje (Dalley y Oleson 2003, 6).

El sistema del Norte

Las dos últimas partes del sistema fueron proyectos de ingeniería a escala mucho mayor. El sistema del norte englobaba hasta 18 canales que pudieron formar una unidad, todos realizados con el fin de aumentar el caudal de río Khosr mediante el trasvase del agua de otros ríos.[5] El más impresionante de todos ellos fue descubierto por Oates (1968) entre 1957 y 1958: un gigantesco canal de trasvase entre las cuencas delos wadis Bandwai y al-Milh (figura 3). Medido sobre fotografías aéreas, alcanza un ancho de 80 metros y una

profundidad de hasta 20 metros (Ur 2004, 20), por lo que la ingente cantidad de terreno procedente de la excavación forma terraplenes masivos a ambos lados su cauce, que son claramente perceptibles. Más difícil es, sin embargo, situar su cabecera y método de captación de agua. Para Reade (1978b, 164), el canal partiría de una reserva de agua de enormes dimensiones, mucho mayor que la del Khosr, situadaen la garganta por la que emerge el wadi Bandwai, en el centro del Jebel al- Qosh.Por su parte, Ur (2005 331- 332) propone varias hipótesis que contemplan la creación tanto de tramos elevados y subterráneos como de presas.

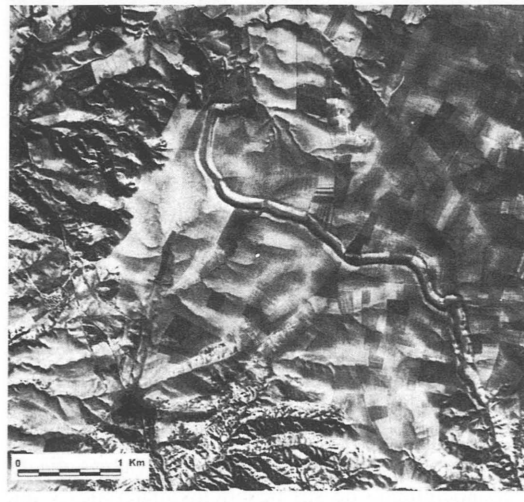


Figura 3
El canal de transvase Bandwai- Milh en la fotografía del satélite CORONA, 1967 (Ur 2005)

Una obra de semejantes dimensiones debió de tener una valoración que iba más allá de su fin práctico, como queda patente en su frecuente asociación con bajorrelieves. Así, en el lugar donde hipotéticamente se situaría la presa, existe un nicho en forma de cuña tallado en la ladera caliza que alberga una estela neo asiria con el nombre de Shiru Maliktha yque representa a un rey asirio (figura 4). Atribuido a Senaquerib por razones estilísticas, está sin embargo demasiado dañada para datarla. Los restos de una escalera monumental cortada en la roca y los huecos circulares tallados en la piedra alrededor del nicho revelan la posible presencia de una estructura columnada que cobijaba la estela (Reade 1978b, 165).


Figura 4
Nicho con la estela de Shiru Maliktha sobre el canal Bandwai (Reade 1978b)

Bandwai no debía de ser, sin embargo, el límite del área de captación, que podía extenderse hacia el noroeste, llegando hasta Faida o Maltai, donde se han encontrado nuevos restos, otra vez asociados a bajorrelieves. Tanto los tres paneles deteriorados de Faida como los cuatro relieves, mejor conservados, esculpidos en el farallón rocoso del cauce del río Rubar Dohuk frente a Maltai tienen el mismo tema: el rey venerando a deidades antropomórficas (Ornan 2007, 162-163). En Faida, un canal de menores dimensiones (3,2 metros de ancho) tallado en la roca madre fue ya identificado por Reade (1978b, 159-163), que localizó su cabecera en un manantialde la vertiente norte del Jebel al- Qosh. El canal se adornaba con relieves esculpidos que se disponían a intervalos regulares a lo largo de su curso.

El empleo de las fotografías aéreas desclasificadas del programa CORONA ha permitido determinar y dibujar con precisión los restos de los canales de Senaquerib previamente reconocidos sobre el terreno, y además localizar otros nuevos, hasta el momento no identificados. Por otra parte la investigación fotográfica ha corroborado la hipótesis de Reade (1978b, 166), que planteaba una asociación entre los relieves tallados en la roca y las obras hidráulicas. Así se ha podido registrar la presencia de un canal de dimen-

siones similares al de Bandwai en Maltai, que conectaba los cauces delos ríos Rubar Dohuk y Rubar Faida (Ur 2005, 325). De manera recíproca, un tercer canal monumental de trasvase encontrado en Tell Uskof puede tener relieves asociados aún sin identificar. Aunque menos espectacular que los anteriores (a pesar de tener un ancho de unos 70 metros, su profundidad oscila entre los 4 y los 5, por lo que los terraplenes de tierra son menores) su papel dentro del conjunto es determinante, ya que llevaba el agua desde el Wadi al- Milh hasta un afluente del Khosr sobre la población de Tell Uskof. De esa manera, el agua del Bandwai se redirigía hasta la cabecera del canal de Khinis en Kisiri. Previamente no identificado y ahora localizado gracias a las fotografías aéreas, supone el tramo que conecta esta parte del sistema hidráulico, formado no por elementos dispersos, sino por una red integrada de canales.[6]

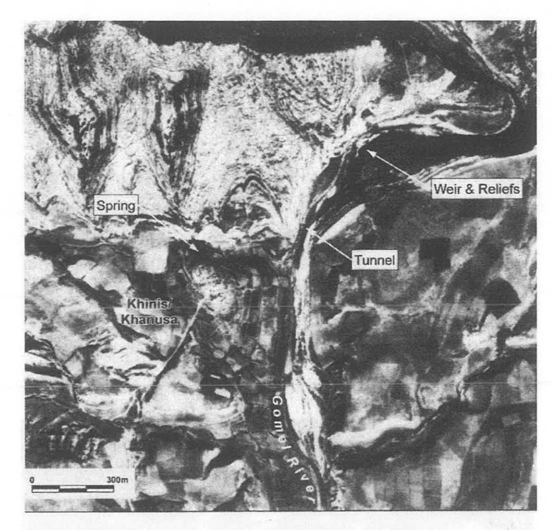


Figura 5
La cabecera del sistema Khinis en una fotografía aérea de 1955 (Ur 2005)

El sistema Khinis

Una cuarta y última etapa conocida de los trabajos hidráulicos para Nínive es el sistema Khinis. También es la más estudiada y de la que perviven los mayores restos, entre ellos dos importantes inscripciones localizadas *in* situ que ayudan a comprender la magnitud de la obra:una realizada sobre los sillares del acueducto de Jerwan y la ya comentada inscripción de Bavian (Jacobsen y Lloyd 1935, 19-27; 36- 39).

El sistema partía del río Atrush (el curso alto del río Gomel) en Bavian, y llegaba después de un recorrido de más de 55 kilómetros hasta el río Khosr a la altura de Shifshirin, cruzando en su camino varios arroyos y valles, posiblemente con estructuras elevadas como la de Jerwan. El agua así canalizada recorría otros 34 kilómetros aprovechando el cauce natural del río Khosr hasta Nínive: una distancia total de 90 kilómetros (Ur 2005, 339).

El punto de captación del canal se sitúa en una garganta al noreste de la población de Khinis, por donde discurre el río Gomel hacia el sur, en un valle cerrado por farallones rocosos (figura 5).En el lugar se puede ver hoy un azud moderno que se sitúa posiblemente en la misma posición que el original, oblicuamente respecto al río. Su objetivo era derivar el agua hasta un canal de unos 6 metros de ancho, tallado directamente sobre la roca madre a lo largo de la orilla derecha del río.En un punto el canal atraviesa en forma de túnel un espolón rocoso, en el lugar más estrecho de la garganta, donde Jacobsen y Lloyd (1935, 47) suponen la ubicación de una esclusa para regular el caudal y una presa para crear una reserva de agua en el caso de que el caudal del río fuera insuficiente para llenar el canal.

En este caso es especialmente evidente una valoración de la construcción hidráulica que va más allá del reconocimiento de sus beneficios materiales y que incluye también lo espiritual. Primero, por las ofrendas a los dioses y la ceremonia religiosa a la que se recurre para la apertura del nuevo canal, destinada a garantizar el éxito de tan grandiosa empresa. Pero además por la espléndida ornamentación de la obra construida. Sobre el terreno perviven aún 14 relieves de grandes dimensiones tallados en la roca, entre los que está el enorme bloque, también decorado con relieves, que señalaba el inicio del canal y que después de desprenderse de su base, hoy se encuentra parcialmente sumergido en el río (figuras 6, 7 y 8). [7]Todos ellos destinados a exaltar la figura del rey, comparten la misma temática de los relieves de Faida y Maltai: el rey representado junto a deidades antropomórficas situadas sobre animales y cuadrúpedos fantásticos (Ornan 2007, 164).

Las investigaciones sobre el terreno también sacaron a la luz un elemento que ha pasado prácticamente

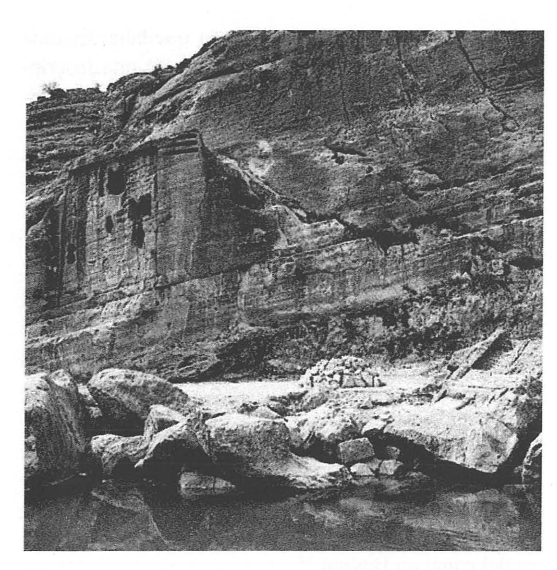


Figura 6
Relieves de Bavian, algunos parcialmente sumergidos en el río. Imagen digital accesible en http://www.atour.com/forums/history/53.html (Consultado 10-07-2013)

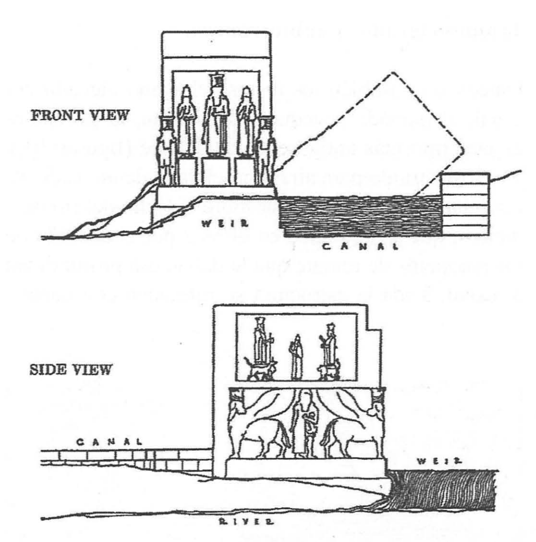


Figura 8
Los relieves en la cabecera del canal según Jacobsen y Lloyd (1935)

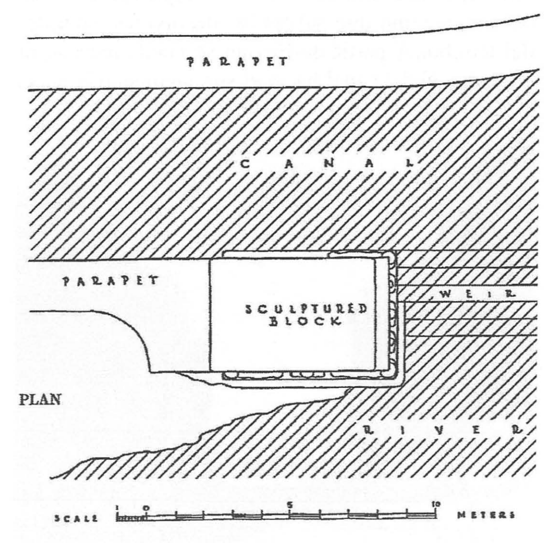


Figura 7
Posible estructura de la cabecera del canal según Jacobsen y Lloyd (1935)

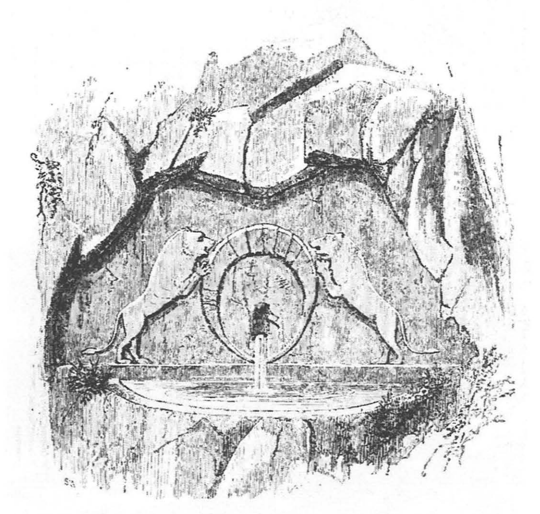


Figura 9
Fuente de los leones (Layard 1853)

inadvertido: una serie de pequeñas cisternas cortadas en la roca, unidas entre sí mediante conducciones, que descendían por la ladera de la montaña hasta una fuente ornamentada con dos leones esculpidos (figura 9). [8]El león, tema común en la decoración asiria, aparece aquí por primera vez conocida asociado a una fuente, la única que pervive *in situ* de la época mesopotámica y el primer ejemplo de un arquetipo de fuente recurrente a lo largo de la historia.

Tramos elevados y subterráneos

Únicos son también los restos del tramo elevado del canal, el llamado acueducto de Jerwan, la estructura de este tipo más antigua que se conoce (figuras 10 y 11).[9] Construido para atravesar el valle de un wadi, alcanzaba una altura máxima sobre el lecho del río de 7 metros, que se ampliaba en otros 2 por el añadido de los parapetos de remate que le daban esa profundidad al canal. Toda la estructura se reforzaba con contrafuertes, de manera que la fachada quedaba dividida en 14 secciones, sobre las que aparecía una inscripción estándar. La anchura total sin contrafuertes alcanzaba los 22 metros, con una longitud de más de 280. En el centro, para salvar la altura mayor, el canal se apoyaba sobre cinco arcos apuntados, de los que se conserva el arranque de dos de ellos (figura 12).

La estructura era una construcción maciza de sillares de piedra cuadrados de 50 m^3, que se asentaba sobre un lecho de cantos rodados. Algo por debajo del nivel del canal se extendió una capa de cemento, sobre la que se recibió el pavimento de piedra sobre el que discurría el agua. El cuidado y precisión en elacabadodel canal, de pendiente perfectamente uniforme, asombra casi tanto como las colosales dimensiones de la obra, para la que sus excavadores calcularon el uso de cerca de dos millones de sillares de piedra, extraídos de una cantera aneja a la cabecera del canal en Bavian.[10]

Por extraordinario que resulte, el tramo elevado del acueducto a su paso por Jerwan no debía ser una excepción. A diferencia de los canales de transvase, que implicaban grandes movimientos de tierras, el canal Khinis adaptaba su curso a la topografía, y en ocasiones tenía que salvar los desniveles naturales del terreno. A partir de Bavian se puede reconstruir el recorrido del canal hacia el sur, siguiendo el curso

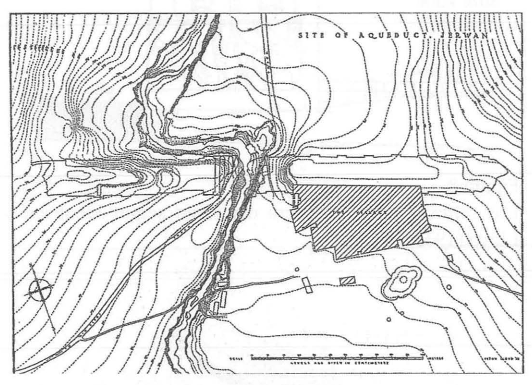
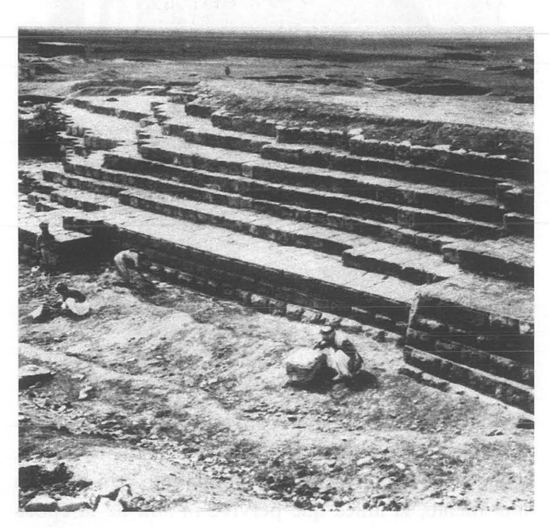
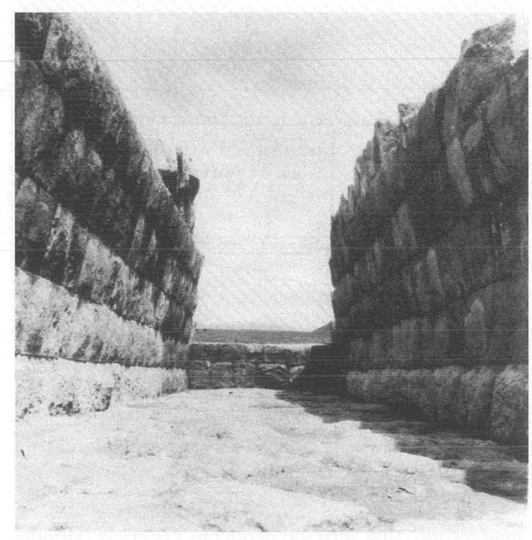


Figura 10
Planta del acueducto a su paso por Jerwan (Jacobsen y Lloyd 1935)


Figura 11
Restos del acueducto en 1933 (Jacobsen y Lloyd 1935)


Figura 12
El arranque de los arcos centrales (Jacobsen y Lloyd 1935)

del Gomel hasta llegar a un río que atraviesa la localidad de Shaykh `Adi. Dado que el área de captación de este río perenne es casi cuatro veces mayor que la del pequeño arroyo estacional de Jerwan, posiblemente existiera en este punto otro acueducto de dimensiones aún mayores todavía por descubrir (Ur 2005, 337).

Asimismo, los condicionantes topográficos del terreno pudieron obligar a realizar algún tramo de la traída de agua de forma subterránea. Aunque esos tramos son sólo hipotéticos (no son perceptibles en la fotografía aérea y tampoco se han localizado sobre el terreno), la tecnología para construirlos era conocida. De hecho la evidencia más antigua de una canalización subterránea que puede ser identificada como un *qan_t*se encuentra en la descripción de la VIII campaña del rey Sargon II de principios del siglo VIII a.C, referente a su invasión de Urartu (la actual Armenia, uno de los centros mineros más importantes de la Antigüedad).[11] Su destrucción del complejo sistema de riego alrededor de la ciudad de Ulhu (próxima al lago Urmia) fue pareja con la gran admiración que Sargón mostrará por los trabajos hidráulicos de su rey (Forbes 1955, vol. 1, 153).El propio Senaquerib empleará durante su reinado una técnica similar para suministrar agua a otra de las poblaciones del imperio: Erbil. El canal captaba agua de tres arroyos en Batsura y se extendía durante 22 kilómetros en forma de túnel construido entre conductos de ventilación y mantenimiento verticales, sobre los que perviven las ranuras donde posiblemente se alojaban compuertas para controlar el caudal (Davey 1985, 53).

Jardines pensiles y el tornillo de Arquímedes

El agua llegaba finalmente hasta Nínive, donde abastecía la ciudad y el jardín del palacio, elemento importante dentro del conjunto. El jardín, como el propio rey relata en las inscripciones (Luckenbill 1924, 100, líneas 50-54), era un jardín pensil, es decir, situado sobre una base elevada. Parte de este jardín puede estar representado en un relieve de mediados del siglo VII a.C hallado en el Palacio de Nínive de su nieto Assurbanipal, hoy en el Museo Británico (figura 13). A pesar de estar conservado en no muy buen estado y sólo en su cuarta parte proporciona interesante información. Un pabellón de jardín se sitúa en la cima de un montículo arbolado, flanqueado por un altar almenado al que se accede por un camino con una estela en su recorrido, que parece ascender por un terreno atravesado por arroyos. A la derecha de la imagen aparece el elemento más interesante: un acueducto de fábrica que lleva agua hasta el nivel del pabellón. Un canal atraviesa también uno de los arcos. Sobre el acueducto aparece además una alineación arbórea que cobija arbustos bajo su copa. La representación del acueducto proclama los logros técnicos de la épocay posiblemente haga también alusión a uno de los tramos elevados de los acueductos realizados por Senaquerib, quizás el de Jerwan (Stronach 1990, 173), mientras que el pabellón y la estela parecen relacionarse con los restos de construcciones halladas en Bandwai.

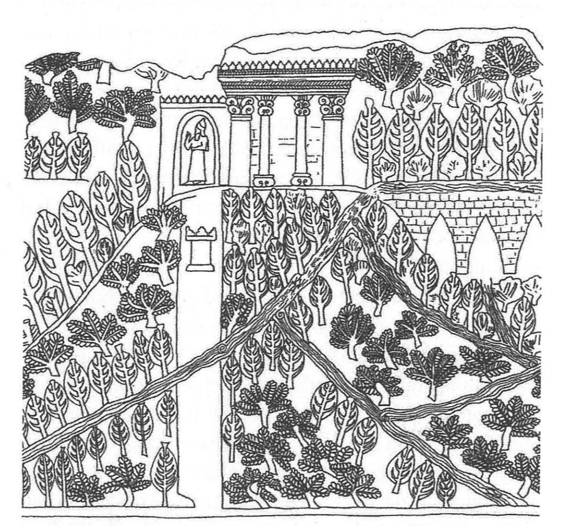


Figura 13
Relieve del Palacio de Nínive según Dalley (1993)

Sin embargo, la estructura con arcos que aparece en el relieve puede no ser un acueducto, sino una terraza sobre la que se dispondría plantación.[12]Sin duda, la tecnología para construir terrazas elevadas superpuestas existía en Mesopotamia desde la época de los primeros zigurats. La inclusión de arbolado en este tipo de estructura tendría como requisito fundamental el poder elevar el agua para riego en grandes cantidades, algo que hasta el momento se debía resolverno sin dificultad mediante el tradicional *sh_d_f*. Pero Se-

naquerib hace referencia a una nueva técnica para fundir y modelar el bronce, que le permitía no sólo realizar la estatuaria más refinada, sino además disponer de un nuevo y eficiente sistema de elevación de agua. Es posible que la gran invención que Senaquerib describe con orgullo sea el tornillo de Arquímedes.[13]

Funciones y valores del sistema hidráulico

Una obra de semejantes dimensiones debió de requerir sin duda una elevada inversión en tiempo, recursos y saber. Si bien la propaganda oficial ponía el énfasis en la traída de agua hasta la capital, los restos arqueológicos demuestran el uso del sistema también para el riego del norte de Asiria. Nínive, próxima a los Montes Zagros, contaba con una precipitación anual muy variable, habitualmente por encima de los mínimos requeridos para el cultivo. Sin embargo, el enorme potencial agrícola de la planicie al norte y este de la capital, con unos suelos cuya profundidad oscilaban entre los 2 y 4 metros, convertían la zona en un lugar idóneo para incentivar su productividad mediante el riego (Ur 2005, 320).

El dotar de agua a un territorio antes seco suponía el paso de la aridez a la fertilidad y la abundancia y abría la puerta al establecimiento de nuevos cultivos y nuevos asentamientos humanos. De esta manera el entorno se modificaba drásticamente mediante acciones coordinadas por reyes que se parangonaban con dioses. El tema del «rey jardinero» y del «rey constructor» será recurrente durante la etapa de los reyes sargónidas, que se reafirmarán en su papel como dadores de fertilidad a su tierra (Green 2010, 40).Este territorio se repoblaba gracias a las masivas deportaciones de población capturada, cuya cifra superó elmedio millón de personas, que se trasladaban a los nuevos asentamientos como comunidades enteras para que conservaran las agrupaciones sociales productivas de sus lugares de origen (Ur 2005, 343). La traída de agua era entonces fundamental para el éxito del proyecto.

La gran transformación del entorno mediante el agua con la consiguiente intervención en el orden natural y sus consecuencias para la población de Asiria incentivó quizás el deseo de representar al rey como a un dios. El tema parece haber sido deliberadamente elegido para las construcciones hidráulicas, cuyos relieves tallados en la piedra se separan de losmotivos más habituales, en los que el gobernante era representado rindiendo culto a símbolos divinos (Shafer 1998, 91-98). Para la población deportada, formada en su mayoría por agricultores, los relieves del sistema hidráulico se convertían en el símbolo visible del poder del rey, capaz de modelar la naturaleza hasta el punto de mover ríos (Wilkinson et al. 2005, 32).

Por otra parte, los territorios conquistados, radicalmente distintos en su configuración orográfica y vegetal al de la planicie mesopotámica, servían de inspiración a los reyes sargónidas. El tema de la montaña boscosa se convirtió en una expresión de riqueza y poder (Stronach 1990, 174). La alusión a los paisajes de Anatolia y el norte de Siria se transformará en un símbolo que hará referencia a los últimos grandes reyes del imperio neoasirio, anteriores al inicio de su decadencia. Así, el jardín de Senaquerib tomará como modelo el paisaje del Monte Amanus.[14]Pero además el rey parece querer construir su capital a imagen de las ciudades irrigadas de Babilonia, tomando como referencia un paisaje típicamente caldeo (Brinkman 1995, 29). Gracias al sistema hidráulico, en el jardínel rey se apoderaba incluso del paisaje de los territorios conquistados. Por primera vez conocida en la historia del jardín aparece en Mesopotamia un tema de composición de amplia repercusión posterior: la alegoría geográfica. Esa referencia geográfica parece estar también presente en los elementos ornamentales del sistema hidráulico, cuyos singulares motivos pudieron tomarse asimismo de la iconografía siria.[15]La estrecha relación entre el sistema de traída de agua y el jardín hace que éste último se convierta en una valiosa fuente de información acerca de los elementos compositivos del primero.[16]Acueductos, terrazas elevadas sobre arcos apuntados, estelas, relieves, pabellones o fuentes con leones como las de Bavian formarían con probabilidad parte del vocabulario de unos jardines que han desaparecido, pero de los que se puede tener una imagen más clara gracias al estudio de los restos del sistema hidráulico.

La comprensión del sistema hidráulico de Nínive sólo es posible si se parte de su consideración como conjunto, resaltando su pluralidad de funciones, y evitando caer en un punto de vista quizás más actual, que tiende a disociar la obra de ingeniería de la del arte. El equipo que trazó y construyó la red de canales debía estar formado por ingenieros poseían un conocimiento sofisticado de topografía, hidrolo-

gía y clima. Por otra parte, las inscripciones prueban el interés personal de Senaquerib no sólo en la ingeniería, sino también en el arte y por supuesto, en la organización de un imperio conquistado por la fuerza. Además, muestran a un rey con una sensibilidad hacia el paisaje manifiesta. Hoy, los restos preservados de su colosal sistema hidráulico reflejan de forma única estos intereses y se convierten en un elemento fundamental para la entender la historia de ese momento.

NOTAS

1. El texto aparece en la inscripción del templo del festival del Año Nuevo de Assur. Luckenbill 1924, 135, líneas 11-14.
2. El sistema hidráulico de Nínive fue estudiado por Jacobsen y Lloyd (1935). Jacobsen identificó en 1931 los restos de uno de sus componentes, el llamado acueducto de Jerwan, examinado en 1933 por los dos autores. En 1934 se exploró su cabecera en Bavian, donde aparecen unos grandes relieves tallados en piedra que ya habían sido descritos entre otros por Layard (1853). Formando parte de los relieves se encontró una inscripción en piedra, datada en el 690 a.C, que describe la construcción e inauguración de la etapa final de los trabajos hidráulicos de Senaquerib y resume las otras tres. Oates (1968) y Reade (1978) publicaron sendos estudios clásicos sobre el tema. Éste último integró la documentación disponible en ese momento (procedente tanto de textos cuneiformes como de restos arqueológicos) y propuso el desarrollo secuencial del proyecto en cuatro fases, desde el 702 hasta el 688 a.C. Recientemente Ur (2005) ha realizado un nuevo estudio apoyándose en medios fotográficos, dado que desde 1990 no es posible realizar trabajo de campo en el norte de Iraq. Sus fuentes son un conjunto de fotografías aéreas tomadas en primavera de 1955 de las que se conserva una copia completa en el Colegio de Arqueología Británico de Iraq y fotografías tomadas por satélites norteamericanos durante el transcurso de la guerra fría recientemente desclasificadas (en concreto las del programa Corona, satélite en órbita desde 1952 a 1972).
3. Su realización es descrita en los anales de Senaquerib en relación a la construcción de su «Palacio sin Rival». Luckenbill 1924, 98, líneas 89-90.
4. La estructura, restaurada en 1970, sigue funcionando hoy como presa.
5. En conjunto son los famosos 18 canales nombrados en la inscripción de Bavian.
6. Queda por determinar si los canales de Faida y Maltai se unían al sistema (algo que parece difícil por razones topográficas) y formaban parte de los 18 canales de la inscripción de Bavian, o si por el contrario eran estructuras independientes destinadas al riego local (Ur 2005, 332-334).
7. La preservación de estos relieves está hoy amenazada, ya que están sin ninguna protección en un lugar que se ha convertido en un punto de reunión de los habitantes de la zona, que acuden en masa a hacer picnics e incluso a lavar sus coches en el río.
8. La fuente había sido ya descubierta y dibujada por Layard (1853, 183).
9. De nuevo fue Layard (1853, 216) el primero en descubrir sus restos, aunque interpretó que se trataba de una calzada elevada. Fueron Jacobsen y Lloyd (1935) los que excavaron sus restos y descubrieron su uso como estructura hidráulica en la expedición a Iraq del Instituto Oriental de Chicago de 1933. Aunque parte de los sillares se habían reutilizado para la construcción de las casas de la cercana aldea, el conjunto se hallaba lo suficientemente preservado como para permitir a los arqueólogos establecer sus dimensiones y posible construcción.
10. Jacobsen y Lloyd (1935, 13) comprobaron como las piedras procedían de la cantera en Bavian. Su hipótesis es que la piedra se transportaba deslizándola sobre troncos rodantes hasta el lugar donde era necesaria por el cauce seco del canal. Esto explicaría el cuidado puesto en la pavimentación de su superficie, que debía de contar con una pendiente perfectamente calculada ya que no se empleaba únicamente para el transporte de agua, sino también de material pesado.
11. La técnica constructiva de este tipo de canalización subterránea para el transporte de agua desde los acuíferos subterráneos de las montañas hasta las zonas áridas de la meseta, parece relacionar el *qan_t* con técnicas mineras (Christensen 1993, 130).
12. Dalley 1993, 1-13; Dalley 2003. La autora llega a ubicar los míticos jardines pensiles de Babilonia en Nínive y atribuye su autoría a Senaquerib. En cualquier caso el jardín pensil debió de ser un arquetipo bien establecido tanto en Babilonia como en Nínive.
13. Dalley 2003. La autora llega a esta conclusión en su interesante estudio partiendo de una reinterpretación de los anales de Senaquerib según nuevas traducciones.
14. Sargon II hará también referencia a un jardín tams
l Hama_ni, es decir, copia del Monte Amanus en su palacio de D_r- Sharr_kin, (Green 2010, 59).
15. Aunque la tradición de representar a las deidades como figuras antropomórficas y acompañadas de animales fantásticos existía ya durante el periodo acadio en Mesopotamia, en época neo asiria se revivió al reencontrarse con los mismos motivos en el arte del oeste (Winter 2009, 367).

16. Esta relación es especialmente evidente cuando se comprueba que el relieve del Palacio de Nínive antes comentado puede ser tanto la representación de un jardín como de algún tramo del sistema hidráulico.

Lista de referencias

Brinkman, J.A. 1995. «Reflections on the Geography of Babylonia (1000- 600 a.C)». *Neo- Assyrian Geography*, M. Liverani (ed.), 19-29. Roma: Università di Roma «La Sapienza».

Christensen, P. 1993. *The decline of Iranshahr: Irrigation and environments in the history of the Middle East, 500 a.C to 1500 d.C.* Copenhague: Museum Tuscanum Press.

Dalley, S. 1993. «Ancient Mesopotamian Gardens and the Identification of the Hanging Gardens of Babylon Resolved». *Garden History*21(1): 1-13.

Dalley, S; Oleson, D. 2003. «Sennacherib, Archimedes, and the Water Screw: The Context of Invention in the Ancient World». *Technology and Culture* 44 (1): 1-26.

Dalley, S. 2013. *The Mystery of the Hanging Garden of Babylon: An Elusive World Wonder Traced.* Oxford: Oxford University Press.

Davey, C. J. 1985. «The Neg_b tunnel». *Iraq* 47: 49-55.

Forbes, R. J. 1955. *Studies in ancient technology.* Vol. 1 y 2. Leiden: E.J. Brill.

Green, D. G. 2010. *I undertook great works: the ideology of domestic achievements in west semitic royal inscriptions.* Tübingen, Alemania: Mohr Siebeck.

Jacobsen, T. y Lloyd, S. 1935. *Sennacherib's aqueduct at Jerwan.* Chicago, Illinois: The University of Chicago Press.

Layard, A. H. 1853. *Discoveries in the ruins of Nineveh and Babylon*. Londres: John Murray.

Luckenbill, D. D. 1924. *The Annals of Sennacherib*. Chicago: University of Chicago Press.

Malcolm Russell, J. 1991. *Sennacherib's «Palace without Rival» at Nineveh.*Chicago: University of Chicago Press.

Oates, D. 1968. *Studies in the Ancient History of Northern Iraq*. Londres: British Academy.

Ornan, T. 2007. «The Godlike Semblance of a King». *Ancient Near Eastern art in context: studies in honor of Irene J. Winter*,Cheng, J. yM. Feldman (ed.)161-178. Londres: Brill.

Reade, J. 1978a. «Studies in Assyrian Geography. Part 1: Sennacherib and the waters of Nineveh». *Revue d'assyriologie et d'archéologie orientale* 72 (1):42-72. http://www.jstor.org/stable/23282290.

Reade, J. 1978b. «Studies in Assyrian Geography». *Revue d'assyriologie et d'archéologie orientale* 72 (2): 157-180. http://www.jstor.org/stable/23282225.

Shafer, A. T. 1998. *The Carving of an Empire: Neo- Assyrian Monuments on the Periphery.* Ph.D.diss., Harvard University.

Smith, N. A. F. 1975. *Man and water: a History of Hidrotechnology*. Nueva York: Scribner.

Stronach, D. 1990. «The garden as a political statement: some cases of studies from the near east in the first millennium B.C». *Bulletin of Asia Institute.* New Series 4: 171-180.

Ur, J. A. 2004. «CAMEL Laboratory Investigates the Landscape of Assyria from Space». *Oriental Institute News & Notes* 181:20-21.

Ur, J. A. 2005. «Sennacherib's Northern Assyrian Canals: New Insights from Satellite Imagery and Aerial Photography». *Iraq* 67 (1): 317-345.

Wilkinson et al. 2005.«Landscape and Settlement in the Neo-Assyrian Empire». *Bulletin of the American Schools of Oriental Research* 340:23-56.

Winter, I. 2009. *On art in the Ancient Near East.* Leiden: E.J. Brill.

Nuevas aportaciones a la historia constructiva de la capilla del contador Saldaña (Real Monasterio de Santa Clara de Tordesillas) (ca. 1430-1435) y su importancia en la renovación del gótico castellano

Fernando Villaseñor Sebastián

Los últimos trabajos de investigación realizados por el Grupo de Arquitectura Tardogótica de la Universidad de Cantabria, [1] han permitido plantear nuevas hipótesis sobre la historia constructiva de la capilla funeraria que Fernán López de Saldaña, contador de Juan II, mandó edificar en la iglesia del Real Monasterio de Santa Clara de Tordesillas;[2] al configurarse como una de las obras que marcan el inicio de la renovación del gótico en el reino de Castilla durante la tercera década del siglo XV.

Una inscripción que recorre sus muros interiores informa de su cronología entre 1430 y 1435; sin embargo, distintas evidencias documentales permiten, manteniendo ese marco para su ejecución, indicar de un modo más preciso, las fechas en las que el espacio fue levantado en sus aspectos constructivos y como gran parte de esos años debieron emplearse únicamente en completar la decoración escultórica.

Además, el análisis del lenguaje arquitectónico y ornamental empleado ha llevado a la historiografía más reciente a vincularla con el maestro Ysambart y Pedro Jalopa (Ruiz Souza 2007, 57-62; Alonso Ruiz y Martínez de Aguirre 2011, 138), asentado en Toledo, al menos desde 1435, y que está documentado como maestro de la Capilla de don Álvaro de Luna en la catedral en 1438 (Yuste Galán 2004, 295-296); cuya construcción debió iniciarse poco después de 1430 (González Palencia 1929, 110). Sin embargo, ésta presenta un avance muy sustancial en el desarrollo de las formas tardogóticas; por lo que el análisis tipológico y estilístico de ambos espacios funerarios —cuya coincidencia cronológica es evidente— manifiesta, manteniendo puntos de contacto, diferencias entre ambos y puede resultar esclarecedor para discernir el estilo de los dos maestros. El desarrollo de estas hipótesis, en el contexto constructivo de la capilla, permite avanzar en el modo en que las formas tardogóticas se introdujeron en Castilla.

Juan II, el Real Monasterio de Santa Clara de Tordesillas y los datos documentales de la capilla

El origen del Real Monasterio de Tordesillas hay que buscarlo en el testamento del rey Don Pedro, dictado en Sevilla el 18 de noviembre de 1362, donde manifestaba su deseo de convertir su Palacio de Tordesillas en Monasterio para 30 clarisas.[3] De este modo, lo que se realizaron en un principio fue la simple adaptación de las estancias palaciegas para cubrir las necesidades de la comunidad; acometiéndose poco a poco sucesivas reformas para sustituir el primitivo conjunto por otro más acorde con su nueva función.[4]

En este sentido, y teniendo en cuenta el origen real de la Institución, la actitud benefactora del rey Juan II hacia la villa de Tordesillas no resultaba novedosa, más aún cuando fue durante mucho tiempo de realengo, con amplia autoridad confiada al convento (Andrés Ordax 2010, 116).[5] Juan II —tras haber cedido sus palacios de Miraflores a la orden de los Cartujos— muestra, al igual que sus predecesores mo-

narcas castellanos una gran predilección por Tordesillas, donde, incluso, nace en noviembre de 1453 el príncipe Alfonso (Andrés Ordax 2010, 115). Con cierta frecuencia se acerca a la iglesia conventual para realizar oración y beneficia al convento en múltiples ocasiones, llegando a interceder ante el papa por la independencia de la comunidad.[6] Además, correspondiendo a fieles palaciegos como el contador Saldaña, le permite construir una capilla en un lateral de la iglesia conventual, para que sirva de mausoleo (Sigüenza Bermejo 1981, 9). De este modo, es probable que, en este contexto, se diseñase un plan de renovación global para la iglesia monasterial, donde la capilla —que destacaba por realizarse enteramente en piedra— fuera el elemento articulador del nuevo templo. Existen varios documentos que ponen de manifiesto la importancia que en los años de construcción tuvo la Capilla del Contador Saldaña y como las obras marchaban a buen ritmo.

El 29 de abril de 1431 mediante una bula al chantre de la catedral de Burgos, el papa Eugenio IV hace relación de que Fernán López de Saldaña, camarero del rey Juan II, había edificado una capilla bajo la advocación de la Anunciación de Nuestra Señora en la iglesia del monasterio de Santa Clara de Tordesillas, dotada suficientemente para dos capellanes que habían de servirla perpetuamente; y da facultad a dicho chantre para que, verificada que sea dicha dotación, conceda tres años y tres cuarentenas de perdón a los que contritos y confesados visiten cada año la misma el día de la Anunciación.[7] Dicha bula era confirmada por el obispo de Palencia el 8 de mayo del mismo año.[8]

De 1432, fechada el 29 de mayo, existe una escritura de contrato entre el monasterio y los delegados de Fernán López de Saldaña —ante Alfonso Fernández de Covarrubias, escribano y notario público del rey en la villa de Tordesillas y Juan González de San Vicente, escribano—, en que éste acepta el juro que el contador del rey le traspasa y se compromete a cumplir ciertas obligaciones religiosas con él, su mujer, familia y criados de su casa.[9] El documento resulta interesante porque aporta datos relativos a la construcción de la capilla que quizá puedan aportar luz sobre la cronología constructiva de la misma. Así en éste se señala que para «más ornamento e fermosura d'el (monasterio) notablemente fiso hedificar vna capilla de piedra e obra muy polida e costosa, segund por ella paresçe», y tras aceptar el juro, prosigue que en la dicha capilla «se fagan las sepulturas e monimentos segund la ordenança e depusiçion que el dicho Fernand Lopes en su vida e en su testamento fisiere». Además, la abadesa —Maria Carrillo— y las monjas del monasterio adquieren el compromiso de que tanto ellas como sus sucesoras, dirán a partir del 1 de enero del año siguiente (1433), dos misas diarias rezadas —o una cuando uno de los capellanes no estuviese en disposición de celebrar— por la «salud e vida e estado» de Juan II, del príncipe Enrique, del condestable don Álvaro de Luna —a cuyo servicio estaba Fernán López de Saldaña—, del contador y de su esposa; y cuando falleciesen, «en rendición de sus ánimas e remisión de sus pecados». Tras indicar el modo en que han de realizarse las celebraciones, manifiestan su obligación de «reparar a nuestra (su) costa la dicha capilla» y de «dar la çera y las otras cosas que nesçesarias fueren para el oficio diuinal e guarda e linpiesa d'ella».

Ese mismo año, el 25 de noviembre, Juan II confirma desde Salamanca esa merced que Fernando López de Saldaña había hecho al Monasterio de Santa Clara de Tordesillas del juro de heredad de los 10.000 maravedís para la construcción de la capilla en el convento «donde sean enterrados él y sus hijos».[10]

El P. Calderón, *c.* 1679, en la *Primera Parte de la Santa Provincia de la Purissima Concepción de Nuestra Señora de la Regular Observancia de N.S.P. Francisco,* señala la existencia de una bula «en que el noble Cauallero Don Fernando López de Saldaña funda una capilla y capellan en la Iglesia deste Monasterio, que dota con grandes rentas, comienza *Sedis Apostolice* dada en Roma a primeros de diciembre de 1432» (Andrés Ordax 2010, 116). Finalmente, En 1476, el testamento de Pedro Vélez de Guevara, hijo de Fernán López de Saldaña, indica que éste deja al Convento 2000 sueldos como juro para la capilla «fundada por su padre».[11]

Guillén de Roan, Ysambart y Pedro Jalopa en la capilla

La historiografía tradicional ha defendido las fechas de construcción de la capilla entre 1430 y 1435 por una inscripción conmemorativa que recorre los muros.[12] Ceán (Llaguno y Amirola 1829, vol. I, 102) publicó otra desparecida lápida —que vieron igualmen-

te Quadrado (1885, 241) y Gómez Moreno (1911, 64)—, según la cual hasta diciembre de 1431 fue su aparejador el maestro Guillén de Roan,[13] que era maestro de la catedral de León;[14] a pesar de que Waldo Merino apuntara la ausencia de tal nombre en la documentación relativa a la obra leonesa (Merino Rubio 1974, 34). Aunque se ha defendido hasta fechas recientes que su intervención en la capilla debió ser escasa al morir al poco de ser iniciada (Gómez Moreno 1911, 64; Ara Gil 1977, 194-205; Ara Gil y Parrado del Olmo, 1980, 286-291; Alonso Ruiz y Martínez de Aguirre 2011, 138), las evidencias documentales expuestas anteriormente permiten manifestar que arquitectónicamente la capilla tuvo que construirse entre 1430 y principios de 1431, ya que a finales de abril, la bula que concedía tres años de indulgencias a todo el que la visitara el día de la Anunciación señala que la capilla estaba edificada y dotada con dos capellanes; lo que hace perfectamente verosímil que el autor material de la misma, en lo que a la obra arquitectónica se refiere, fuese el propio Guillén de Roan.

En mayo del año siguiente, al aceptar el juro de 10.000 maravedís, hecho por el contador, se vuelve a insistir en que la obra estaba concluida; pero faltaban las sepulturas y monumentos, que se iniciarían en ese momento, acabándose en 1435 tal y como señala la inscripción como fecha de conclusión de la misma. De este modo podría afirmarse que las obras abarcaron para la parte arquitectónica entre 1430 y 1431; desarrollándose la labor escultórica entre 1432 y 1435 (figura 1). Para ésta última, Ara Gil ha apuntado la existencia de tres grupos de esculturas distintos en función de su estilo; lo que supondría —como ha incidido Castán Lanaspa— la presencia sucesiva de tres maestros dentro de éste ámbito (Ara Gil 1977, 201; Castán Lanaspa 1998, 565).

Entre 1433 —año del fallecimiento de Elvira de Acebedo, primera esposa del contador— y 1435 se realizaría también la decoración de las claves de las bóvedas con los escudos de la familia Saldaña, Acebedo y Vélez de Guevara, linaje de la segunda mujer del contador (figura 2); la puerta de acceso a la iglesia -en cuyas enjutas aparecen los emblemas de sus promotores: el contador e Isabel López de Guevara (figura 3)— y el panel con los cinco escudos que hoy

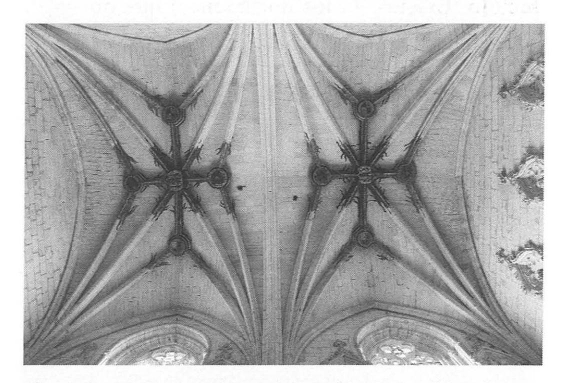


Figura 2
Bóvedas de la Capilla Saldaña. (Begoña Alonso. © Patrimonio Nacional)



Figura 1
Arcosolios del muro occidental de la Capilla Saldaña (Fernando Villaseñor. © Patrimonio Nacional)

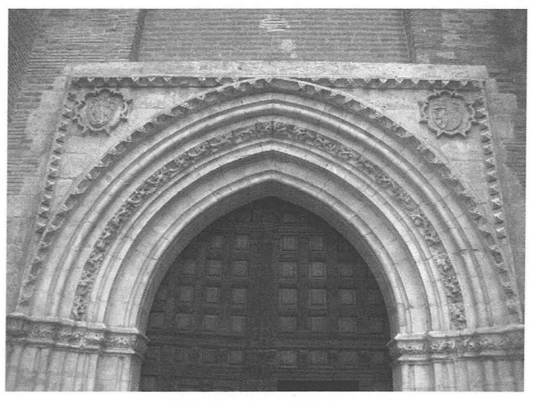


Figura 3
Acceso a la iglesia del Real Monasterio de Santa Clara de Tordesillas (Begoña Alonso. © Patrimonio Nacional)

se sitúa en el testero occidental de la capilla, correspondientes al rey Juan II, a la Orden de la Banda, a don Álvaro de Luna, a Saldaña, Acebedo y López de Guevara (figura 4).

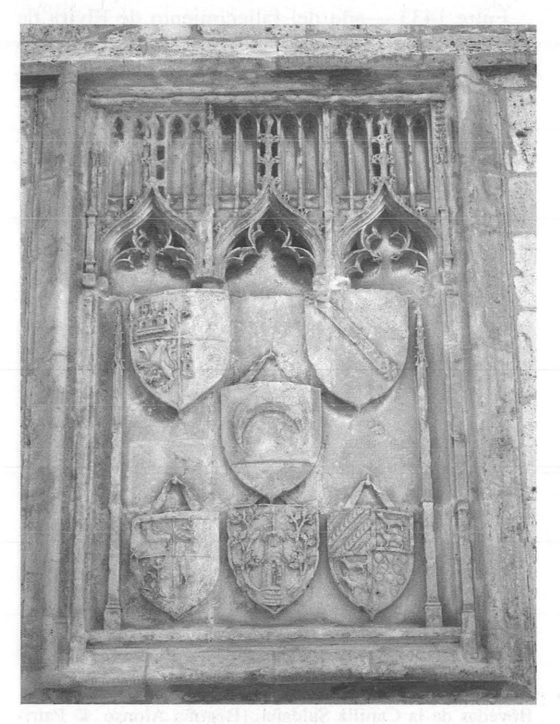


Figura 4
Panel con escudos en el testero occidental de la Capilla Saldaña (Fernando Villaseñor. © Patrimonio Nacional)

Si los documentos señalados aportan algo de luz sobre el proceso constructivo de la obra y su posible autor material; no sucede lo mismo, ni con la decoración escultórica ni con el maestro o maestros encargados del diseño general de la capilla cuyo análisis comparativo con otras obras coetáneas permiten emitir alguna hipótesis en este sentido.

Ruiz Souza y García Flores (2009, 57-62) plantearon que el maestro Ysambart tras trabajar en la Corona de Aragón —Lérida (1410), Daroca (1417) y Zaragoza (1417-1422) —,[15] y pasar a Castilla, —donde se le documenta en Palencia (1424)[16] y Sevilla (1433 y 1434) —,[17] pudo intervenir junto a Pedro Jalopa en la capilla funeraria de los Saldaña. Los argumentos esgrimidos se fundamentan en las similitudes estilísticas que presentan algunas de las obras que se le han atribuido. Así, la decoración escultórica de las bóvedas de la Capilla de los Corporales de Daroca y del Sagrario de la catedral de Palencia se basa en la presencia de nervios angrelados con ángeles músicos alternando con cogollos vegetales; sistema decorativo que se repite en el ingreso a la capilla Saldaña desde la iglesia del convento a través de dos arcos apuntados angrelados y baquetonados que desarrollan en sus arquivoltas hojas de roble y de cardo, y que están festoneados con los mismos ángeles músicos y los cogollos vegetales (Ruiz Souza y García Flores 2009, 56).

Recientemente, Alonso Ruiz y Martínez de Aguirre (2011, 138-141) han insistido en la relación de la Capilla Saldaña con la Capilla del Sagrario de la catedral de Palencia, respecto a la articulación muraria, la decoración y los elementos nuevos en ambas obras, como los pilares recambiados; incidiendo en esa posible atribución de la misma al Maestro Ysambart. Además vinculan a su maestría la Portada de los Novios de la catedral —compuesta de vano único abierto en arco carpanel con chambrana segmentada por alfiz, rematada en macoya y pilares recambiados— (Alonso Ruiz y Martínez de Aguirre 2011, 138-141) y la iglesia del convento de Santa Clara en la capital palentina, cuya portada está íntimamente relacionada con la de la catedral.

Estas atribuciones permiten avanzar un paso más para vincular el diseño de la Capilla del Contador Saldaña con el maestro Ysambart. Así, los paneles decorativos que animan los paños exteriores de la Capilla del Sagrario (figura 5), compuestos de gabletes que concluyen en sencillas macoyas, enmarcando sendos arcos apuntados y flanqueados por pilares recambiados, se repiten en los pilares de sección poligonal donde mueren los arcos que ponen en comunicación la Capilla Saldaña con el cuerpo de la iglesia (figura 6). A esto hay que añadir que en el interior de la misma, en los muros sur y oeste, los arcosolios pareados repiten el diseño que presentaba la Portada de los Novios (figura 7) y el acceso a la iglesia del convento de Santa Clara (figura 8) al arco carpanel inferior, a través del cual se abre el nicho que acoge los bultos funerarios, se le superpone uno apuntado que se trasdosa con otro conopial a modo de chambrana, decorada con hojas de roble y cardo gruesas y de extrema calidad, segmentada por el alfiz y rematada en

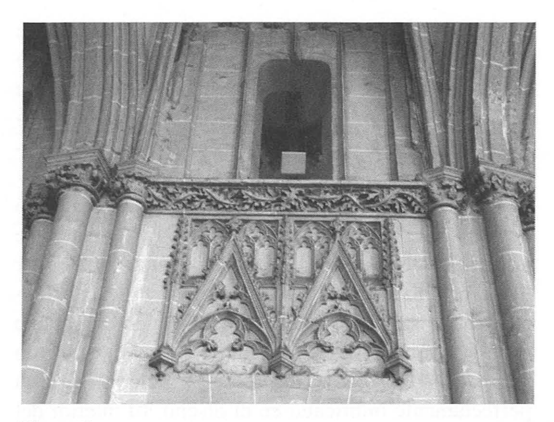


Figura 5
Paneles decorativos de los paños exteriores de la Capilla del Sagrario. Catedral de Palencia (Begoña Alonso)

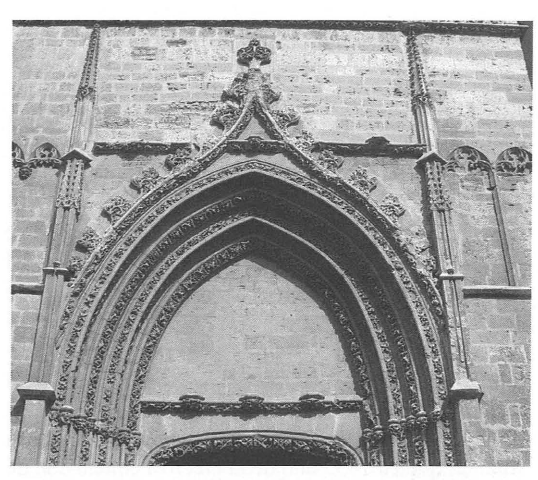


Figura 7
Portada de los Novios. Catedral de Palencia (Begoña Alonso)



Figura 6
Paneles en los pilares que comunican la Capilla Saldaña con la iglesia (Fernando Villaseñor. © Patrimonio Nacional)

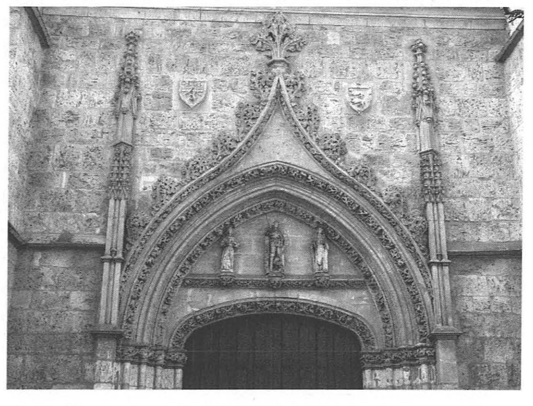


Figura 8
Portada de la iglesia del convento de Santa Clara en Palencia (Begoña Alonso)

macoya; estructura que se flanquea, como no podía ser de otro modo, por los característicos pilares recambiados.

Si la intervención de Ysambart en la Capilla del Contador resulta cada vez más verosímil, habría sin embargo que desvincular la presencia de Pedro Jalopa en la misma. Éste es otro de esos maestros que están trabajando en la Corona de Aragón, desde el final de la primera década de la centuria y que —acompañados por cuadrillas de canteros y entalladores, encargados de renovar el repertorio decorativo— serán los responsables de la transformación sufrida por el gótico castellano (Alonso Ruiz y Martínez de Aguirre 2011, 138-141). La problemática del mismo radica en que, a pesar de que su trayectoria está más o menos documentada —Perpiñán (1411); Capilla de San Sever en el claustro de la catedral de Barcelona (1411); Palacio Real de Olite (1413-1414); Daroca (1417); Capilla de San Agustín en la Seo de Zaragoza (1417-1421); Catedral de Huesca (1422) y Capilla de Santiago en la Catedral de Toledo (1435-1438) —[18] no así las obras que se conservan, ya que, salvo su posible intervención con Ysambart en la capilla de

los Corporales de Daroca, el único edificio que puede servir para determinar su estilo es la Capilla de Santiago en la catedral de Toledo, mandada construir por el poderoso condestable don Álvaro de Luna para su enterramiento.

Desde 1430 a 1437 la capilla habría sido dirigida por Alvar Martínez, maestro mayor de la catedral (Azcárate Ristori 1950, 1-12); desde 1438 hasta 1442 por Pedro Jalopa, «pedrero mayor de la capilla del Condestable» (Yuste Galán 2004, 295-296), corriendo su conclusión a cargo de Hanequín; quien no sería, a diferencia de lo que ha defendido la historiografía tradicional, el responsable fundamental de la misma (Alonso Ruiz y Martínez de Aguirre 2011, 141); ya que existen evidencias documentales para suponer que en 1435 año de la efectiva conclusión de la capilla Saldaña, estaba bastante avanzada,[19] y que, en 1449, cuando el pueblo toledano asalta la capilla, todo estaba terminado (Yarza Luaces 2003, 128).

Es interesante observar como la Capilla de Santiago supone un paso más en el empleo de las fórmulas tardogóticas, tanto a nivel de concepción espacial como en los aspectos decorativos. La solución adoptada para transformar la base cuadrangular en un espacio ochavado cubierto con una bóveda de ocho gajos de tres paños cada uno que apoyan en trompas en esquina (figura 9),[20] implica una mayor complejidad técnica que las dos bóvedas de crucería con terceletes y cinco claves que cubren el espacio de la Capilla Saldaña; a lo que hay que añadir que las tracerías tanto estructurales como ornamentales son mucho más abundantes que las que se emplearon en Tordesillas. El acceso a la misma se realiza a través de unos arcos pantalla compuestos por una sucesión de vanos apuntados enlazados mediante el empleo de *vesica piscis*, motivo que adquiere un vital protagonismo en el panelado de los muros por todo el espacio.

En este caso, el esquema empleado para el diseño de los cuatro arcosolios abiertos en las paredes, se aleja del visto en Santa Clara denotando una mayor monumentalidad y riqueza decorativa: tres pilares recambiados superpuestos en altura acogen un gablete con decoración vegetal y, bajo éste, hay un arco apuntado en el que se dispone el sepulcro, que está perfectamente imbricado en el diseño. El interior del arcosolio repite las mismas tracerías flamígeras y el frente se decora con motivos heráldicos sostenidos bien por ángeles bien por salvajes (figura 10). Estas composiciones contrastan con la desnudez que mues-

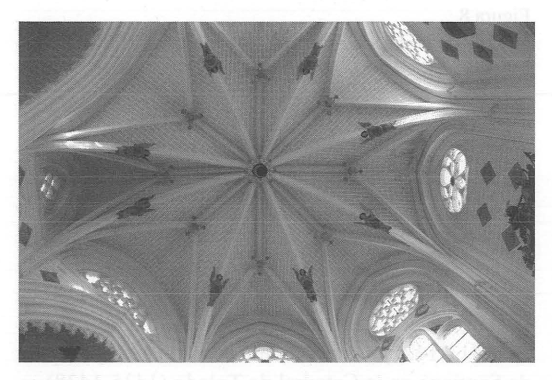


Figura 9
Bóveda de la Capilla de Santiago en la Catedral de Toledo (foto del autor)

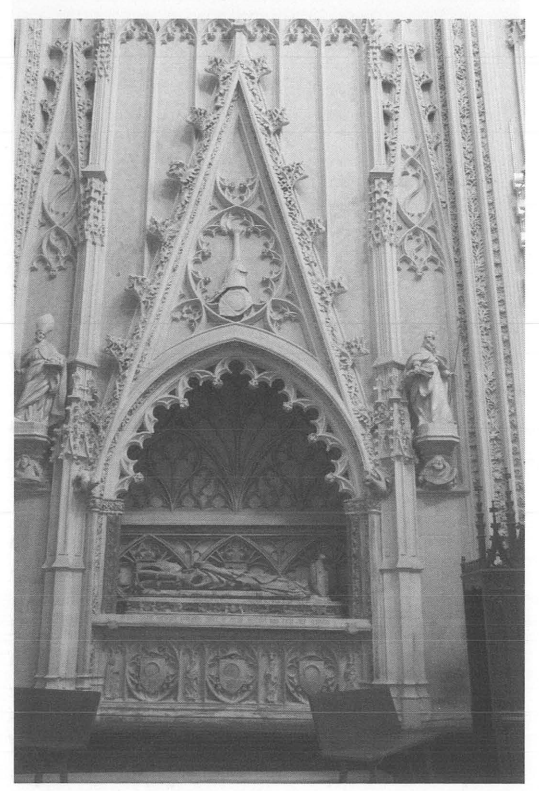


Figura 10
Sepulcro de Juan de Cerezuela en la Capilla de Santiago. Catedral de Toledo (foto del autor)

tran las de la Capilla Saldaña, cuyo interior está animado únicamente por la presencia del bulto funerario —simplemente asentado sobre la piedra—, ángeles portablasones y con los frentes de los sepulcros completamente vacíos. A todo ello, habría que añadir como en la Capilla de Santiago, los motivos figurativos marginales que ocupan los espacios de las arquivoltas entre las decoraciones vegetales han aumentado considerablemente tanto en número como en riqueza iconográfica. El análisis estilístico de ambas obras permite manifestar que, a pesar de tratarse de creaciones prácticamente coetáneas, con patrocinadores que guardan una estrecha relación, por su fuerte vinculación con el monarca, el empleo distinto del mismo lenguaje arquitectónico y decorativo lleva a pensar que fueron dos maestros diferentes los que se encargaron de su ejecución.

Finalmente, debe apuntarse como los estudios realizados sobre la capilla Saldaña, que ocupa dos tramos de la nave y está cubierta con bóvedas de terceletes, la han considerado como estructura independiente dentro de la iglesia, defendiendo que en el momento de su construcción, la nave estaría cubierta con armadura de madera, abovedándose en un momento posterior (Ruiz Souza 1999, 9). Distintas evidencias permiten suponer que, al menos los tramos de la nave de la iglesia coincidentes con los de la capilla, debieron abovedarse al mismo tiempo que ésta; respondiendo a un plan general de reforma de la iglesia debido a la predilección que Juan II mostró desde el comienzo de su reinado por la comunidad de clarisas.

Notas

1. Esta investigación se enmarca dentro del proyecto del Plan Nacional I+D+i «Arquitectura Tardogótica en la Corona de Castilla: Trayectorias e Intercambios» (ref. HAR2011-25138).
2. Dentro de la bibliografía sobre el palacio y el monasterio, por la importancia que tendrá para inaugurar una tradición historiográfica y servir de base a posteriores estudios, deben destacarse las siguientes obras: Quadrado, J. Mª. 1861. *España, sus monumentos y artes, su naturaleza e historia. Valladolid, Palencia y Zamora,* 237-257; Sánchez, E. 1888. *El Real Monasterio de Santa Clara, de Tordesillas. Su origen y fundación, sus privilegios y bienes, su estado actual y noticias a él referentes tomadas de varios documentos de su archivo.* Valladolid; Gómez Moreno, M. 1911-1912. Joosken de Utrech, arquitecto y escultor. *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, V: 63-66; Lampérez y Romea, V. 1912. El Real Monasterio de Santa Clara en Tordesillas, *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, 120: 563-587; Luis y Monteverde, J. et. al. [1963] 1987. *Monasterio de las Huelgas de Burgos y Monasterio de Santa Clara, de Tordesillas (Valladolid)*. Madrid; Lozoya, Marqués de. 1967. Historia y actualidad del Monasterio de Santa Clara. *Reales Sitios*, 14: 3-20; Ara Gil, C. 1977. *Escultura gótica en Valladolid y su provincia*, 194-205 Valladolid; Ara Gil, C. y Parrado del Olmo, J. M. 1980. *Catálogo monumental de la provincia de Valladolid. Vol. XI*, 286-291; García-Frías Checa, C. 1992. *Guía del Real Monasterio de Santa Clara de Tordesillas*. Madrid; Castán Lanaspa, J. 1998. *Arquitectura gótica religiosa en Valladolid y su provincia. Siglos XIII-XVI*, 554-569; García-Frías Checa, C. 2007. *Guía del Real Monasterio de Santa Clara de Tordesillas*, Madrid.
3. *Crónicas de los Reyes de Castilla, desde don Alfonso el Sabio hasta los Católicos Don Fernando y Doña Isabel*, vol. I: 601 (Ed. Madrid, 1953) Citado por Castán Lanaspa (1998, 554). Sobre el primitivo Palacio véase: Bujarral y Sancho 1990; Sancho Gaspar 1991; Almagro Gorbea 2005 y Ruiz Souza 1996.
4. Véase Ruiz Souza 1999.
5. Aspecto desarrollado en Bahr (1996).
6. Andrés Ordax señala como las religiosas tuvieron especial interés en no tener demasiadas autoridades eclesiásticas que pudieran disponer sobre el interés de sus propiedades y de sus personas, de modo que a petición del rey Juan II logran que el papa Martino V (*Et si ex debito solicitudinis*, Roma, 20 de septiembre de 1427) «les confirma todas las rentas y haciendas que tiene este Monasterio y en adelante poseiere, nombrando juntamente protectores y jueces conservadores suios para este fin a los obispos de Ávila y Zamora y al Prior de San Benito el Real de Valladolid» (Tomado de Calderón, Fray Francisco *Primera Parte de la Santa Provincia de la Purissima Concepción de Nuestra Señora de la Regular Observancia de N.S.P. Francisco*, Valladolid, Archivo del convento de PP. Franciscanos de Valladolid, caja 1, leg. 1, 362r; Andrés Ordax 2010, 116).
7. «...date Rome apud Sanctum Petrum anno Incarnationis dominice millesimo quadrigentesimo tricentesimo primo, III Kalendas maii Pontificati nostri anno primo...» (ASCT, Caja 7/13; Citada por Sánchez 1888, 24; Castro Toledo 1981, nº 488, 272 y González Cristóbal 1987, nº 308, 70).
8. «...sub anno a Natiuitate Domine millesimo quadrigentesimo tricesimo primo...» (ACST, Caja 7/14; Citado por González Cristóbal 1987, nº 308, 70).

9. ACST, Caja 2/22 (Transcrita completamente en Castro Toledo 1981, nº 495, 275-280 y citada parcialmente por González Hernández 1992, 302-303).
10. «...dada en la çibdad de Salamanca a veynte e çinco dias de noviembre anno del Nasçimiento de Nuestro Sennor Ihesu Chrispto de mill e quatroçientos e treynta e dos annos...». ACST, Caja 2/22 (Castro Toledo, 1981, nº 497, 280-281; González Cristóbal, 1987, nº 311, 70).
11. ACST, Caja 22/1; González Cristóbal, 1987, nº 459, 100.
12. «FERNAN LOPEZ DE SALDAÑA CONTADOR MAYOR DEL VIRTUOSO REY DON IHOAN E SU CAMARERO E SU CANCILLER E DE SU CONSEJO ET FUE ET ES COMENÇADA EN EL AÑO DEL NACIMIENTO DE NTRO SALVADOR IHU XPO DE MIL E CUATROCIENTOS E TREINTA AÑOS ET ACABOSE EN EL AÑO DEL NASCIMIENTO DE NUESTRO SEÑOR JESUCRISTO DE MCCCCXXXV A HONOR Y REVERENCIA... (de la Virgen María)...QUE EL TIENE POR PROTECTORA Y ABOGADA EN TODOS SUS FECHOS; E ESTA AQUÍ ENTERRADA ELVIRA DE ACEBEDO SU MUJER QUE DIOS PERDONE LA CUAL FINO EN Tº VISPERA DE PASCUA MAYOR QUE FUE A ONCE DIAS DE ABRIL DE MIL QUATROCIENTOS E TREINTA Y TRES AÑOS. GLORIA IN EXCELSIS DEO ET IN TERRA PAX HOMINIBUS BONE VOLUNTATIS; LAUDAMUS TE BENDECIMUS TE ADORAMUS TE GLORIFICAMUS TE».
13. Sobre éste, la última aportación en Valdés Fernández 2004, 370-372.
14. Aquí yace maestre Guillen de Rohan, maestre de la iglesia de León, et apareia-dor de esta capilla, que Dios perdone; et finó á VII días de diciembre, año de mil et cccc et xxx et un años.

Quadrado señala Ridan y Gómez Moreno afirma que, a pesar del deterioro de la piedra, puede leerse Roán, argumentando el posible lugar de origen. A pesar de que todos los estudios hasta la fecha sobre la capilla han atribuído a Llaguno la publicación de la inscripción, la Dra. Alonso Ruiz, en estas mismas actas, señala como ésta fue dada a conocer cuarenta años antes por Ponz (1788, XII: 138) y recogida también por Caveda (1848, 349). Asimismo, señala que otros autores manifiestan haber visto la lápida, como Rada y Delgado (1860, 163), que transcribe la fecha de la muerte en 1433. Si esta lectura fuese correcta, aunque no modificara la nueva hipótesis de cronología constructiva para la capilla desarrollada en el presente texto en base a la documentación del monasterio, supondría otro motivo para defender que Guillen de Roan tuvo un papel más importante en la materialización y finalización de este espacio funerario que el que se le ha venido atribuyendo, prácticamente inexistente.

15. Sobre el trabajo de Ysambart en Aragón, Ibáñez Fernández y Criado Mainar (2007, 75-113).
16. Sobre el trabajo de Ysambart en Palencia, García Flores y Ruiz Souza (1997, 121-128) y Ruiz Souza y García Flores (2008).
17. Una puesta al día en Alonso Ruiz y Jiménez Martín (2009, 127-130).
18. Sobre Pedro Jalopa, Ibáñez Fernández (2011, 21-44) y 2012 (17-28; 47-49; 52-60).
19. La *Crónica del Halconero* (cap. CLXXIX, 195), señala como en febrero de 1435, Juan II parte en romería al monasterio de Santa María de Guadalupe acompañado, entre otros, por Álvaro de Luna. A la altura de Maqueda éste pide permiso al rey para apartarse de la comitiva «e tornóse a Toledo, a ver una capilla suya que mandó fazer en Santa María la Mayor».
20. Alonso Ruiz y Martínez de Aguirre (2011, 142) indican que las trompas de arista son similares a las bóvedas de esquina o *voltes raconeres* empleadas por Guillén Sagrera en la *Sala dei Baroni* de Castel Nuovo en Nápoles de cronología posterior (1447-1454) (Sobre ésta Serra Desfílis (2000); lo que indicaría la posible autoría de Jalopa sobre el diseño de esa parte de la capilla, más aun cuando la relación entre Sagrera y Jalopa se certifica desde 1411 (Serra Desfílis 2000, 8; Ibáñez Fernández 2011, 28 e Ibáñez Fernández 2012, 21-22).
21. Sobre ésta, Herrero Sanz (1991, 57-64).

LISTA DE REFERENCIAS

Almagro Gorbea, A. 2005. «El palacio de Pedro I en Tordesillas: realidad e hipótesis». *Reales Sitios*. 163: 2-13.

Alonso Ruiz, B. y Jiménez Martín, A. 2009. *La traça de la iglesia de Sevilla*. Sevilla: Cabildo Metropolitano.

Alonso Ruiz, B. y Martínez de Aguirre, J. 2011. «Arquitectura en la Corona de Castilla en torno a 1412». *Artigrama*. 26:103-147.

Andrés Ordax, S. 2010. «El monasterio de Santa Clara de Tordesillas». Zalama, M.A. (Dir.). *Juana I en Tordesillas: su mundo, su entorno.*113-128. Valladolid.

Ara Gil, C. 1977. *Escultura gótica en Valladolid y su provincia*, 194-205. Valladolid.

Ara Gil, C. y J. M. Parrado del Olmo. 1980. *Catálogo monumental de la provincia de Valladolid. Vol. XI*, 286-291.

Azcárate Ristori, J. M. 1950. «Alvar Martínez, maestro de la Catedral de Toledo». *Archivo Español de Arte,* XXIII: 1-12.

Bahr, C. 1996. «Santa Clara de Tordesillas durante la Baja Edad Media: un Real monasterio». *Iacobus*, 25-26: 243-264.

Bujarrabal, Mª L. y J. L. Sancho. 1990. «El palacio Mudéjar de Tordesillas». *Reales Sitios*, 106: 29-36.

Castán Lanaspa, J. 1998. *Arquitectura gótica religiosa en Valladolid y su provincia. Siglos XIII-XVI*, 554-569.

Castro Toledo, J. 1981. *Colección Diplomática de Tordesillas (909-1474)*. Valladolid.

Caveda, J. 1848. *Ensayo histórico sobre los diversos géneros de arquitectura empleados en España desde la dominación romana hasta nuestros días*. Madrid: Imprenta de Don Santiago Saunaque.

P. Carrillo de Huete. 1946. *Crónica del Halconero de Juan II*. Juan de Mata Carriazo Arroquía (ed.) Madrid.

Crónicas de los Reyes de Castilla, desde don Alfonso el Sabio hasta los Católicos Don Fernando y Doña Isabel, vol. I: 601 (Ed. Madrid, 1953).

E. Fernández Torres. 1914. *Historia de Tordesillas*. Valladolid.

García Flores, A. y J. C. Ruiz Souza, 1997. «Notas acerca de Ysambart, maestro mayor de la Catedral de Palencia». *Las Catedrales de España. Jornadas técnicas de los conservadores de catedrales*. 121-128. Alcalá de Henares.

García-Frías Checa, C. 1992. *Guía del Real Monasterio de Santa Clara de Tordesillas*. Madrid.

García-Frías Checa, C. 2007. *Guía del Real Monasterio de Santa Clara de Tordesillas*, Madrid.

Gómez Moreno, M. 1911-1912. «Joosken de Utrech, arquitecto y escultor». *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, V: 63-66.

González Alarcón, Mª T. 2005. «Capilla del contador Fernán López de Saldaña». *Reales Sitios*. Vol.6: 115-138.

González Hernández, A. 1992. «Un enterramiento en la capilla de Saldaña, en el Monasterio de Santa Clara de Tordesillas (Valladolid)». *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología*, 58: 301-12.

González Palencia, C. 1929. «La capilla de Álvaro de Luna en la catedral de Toledo». *Archivo Español de Arte y Arqueología*, II: 109-125.

González Cristóbal, M. 1987. *Inventarios Documentales. Monasterio de Santa Clara de Tordesillas (1316-1936)*. Madrid: Patrimonio Nacional.

Herrero Sanz, Mª J. 1991. «La techumbre de la capilla mayor en la iglesia de Santa Clara de Tordesillas», *Reales Sitios*, 117: 57-64.

Ibáñez Fernández, J. y Criado Mainar, J. 2007. «El maestro Isambart en Aragón: la capilla de los Corporales de Daroca y sus intervenciones en la catedral de la Seo de Zaragoza». *La piedra postrera (2). Comunicaciones, Simposium internacional sobre la catedral de Sevilla en el contexto del gótico final*. Sevilla: Cabildo Metropolitano, Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, Universidad de Sevilla, Fundación Caja Madrid: 75-113.

Ibáñez Fernández, J. 2011. «Seguendo il corso del sole: Isambart, Pedro Jalopa e il rinnovamento dell'ultimo Gotico nella Peninsola Iberica durante la prima metá del XV secolo». *Lexicon*, 12: 27-44. Palermo: Edizioni Caracol.

Ibáñez Fernández, J. 2012. *La capilla del palacio arzobispal de Zaragoza en el contexto de la renovación del Gótico final en la Península Ibérica*. Zaragoza: Museo Diocesano de Zaragoza.

Lampérez y Romea, V. 1912. «El Real Monasterio de Santa Clara en Tordesillas». *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, 120: 563-587.

Lozoya, Marqués de. 1967. «Historia y actualidad del Monasterio de Santa Clara». *Reales Sitios*, 14: 3-20.

Luis y Monteverde, J. et al. [1963] 1987. *Monasterio de las Huelgas de Burgos y Monasterio de Santa Clara, de Tordesillas (Vallad olid)*. Madrid.

Llaguno y Amirola, E. 1829. *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su restauración. Ilustradas y acrecentadas por D. Juan Agustín Ceán Bermúdez...* Madrid: Imprenta Real.

Merino Rubio, W. 1974. *Arquitectura hispanoflamenca en León*. León: Institución Fray Bernardino de Sahagún.

Quadrado, J. Mª. 1861. *España, sus monumentos y artes, su naturaleza e historia. Valladolid, Palencia y Zamora*, Madrid.

Rada y Delgado, Juan de Dios de la. 1860. *Viaje de SS. MM. y AA. por Castilla, León, Asturias y Galicia en 1858*. Madrid: Aguado.

Ruiz Souza, J.C. 1996. «Santa Clara de Tordesillas. Nuevos datos para su cronología y estudio. La relación entre Pedro I y Muhammad V». *Reales Sitios*, 130: 32-40.

Ruiz Souza, J.C. 1999. «La Iglesia de Santa Clara de Tordesillas. Nuevas consideraciones para su estudio». *Reales Sitios*, 140: 2-13.

Ruiz Souza, J. C. y García Flores, A. 2008. «Ysambart y la renovación del gótico final en Castilla: Palencia, la Capilla del Contador Saldaña en Tordesillas y Sevilla». *Magna Hispalensis: los primeros años*. 46-ss. Sevilla: Aula Hernán Ruiz Catedral de Sevilla.

Ruiz Souza, J. C. y García Flores, A. 2009. «Ysambart y la renovación del gótico final en Castilla: Palencia, la Capilla del Contador Saldaña en Tordesillas y Sevilla. Hipótesis para el debate». *Anales de Historia del Arte*. Nº 19:43-76.

Sánchez, E. 1888. *El Real Monasterio de Santa Clara, de Tordesillas. Su origen y fundación, sus privilegios y bienes, su estado actual y noticias a él referentes tomadas de varios documentos de su archivo*. Valladolid.

Sancho Gaspar, J. L. 1991. «El claustro del Vergel del Real Monasterio de Santa Clara en Tordesillas». *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, LVII: 429-436.

Sancho Gaspar, J. L. 1995. «El Real Monasterio de Santa Clara de Tordesillas». *La arquitectura de los Sitios Reales. Catálogo histórico de los palacios, jardines, y patro-*

natos reales de Patrimonio Nacional. Madrid: Patrimonio Nacional.

Serra Desfilis, A. 2000. «È cosa catalana»: la Gran Sala de Castel Nuovo en el contexto mediterráneo». *Annali de Architettura*, 12: 7-16. Vicenza: Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio.

Sigüenza Bermejo, M. 1981. *Historia de Tordesillas*. Tordesillas

Yarza Luaces, J. 2003. *La nobleza ante el rey. Los grandes linajes castellanos y el arte en el siglo XV*. Madrid.

Yuste Galán, A. Mª. 2004. «La introducción del arte flamígero en Castilla: Pedro Jalopa, maestro de los Luna». *Archivo Español de Arte*, LXXVII 291-300.

Valdés Fernández, M. 2004. «Promotores, arquitectos y talleres en el ocaso de la Edad Media». *La catedral de León en la Edad Media. Actas*. 370-376. León.

La Capilla funeraria del arzobispo Don Sancho de Rojas en la Catedral de Toledo: Proyectos y Ejecución

Amalia Mª Yuste Galán
Jean Passini

El desarrollo de este estudio sobre la capilla de San Pedro en la catedral de Toledo ha permitido identificar ylocalizar algunos espacios en torno al claustro, como capillas desaparecidas o dependencias auxiliares, y cuestionar otros, tradicionalmente aceptados, como la situación de la portada del Mollete. Intentar reconocer los proyectos originales y las transformaciones sufridas, ayudará a entender mejor la evolución arquitectónica de este complejo edificio que no ha dejado de cambiar a lo largo de los siglos.

La Claustra: un espacio cerrado

La claustra o patio era inicialmente un espacio cercado destinado a la vida en común del clero, separado del exterior por una gran cerca o muro, ordenaba la vida de los canónigos y reunía en torno a él las dependencias necesarias para su desarrollo.

En el caso de la catedral de Toledo se aprovechó el patio de la mezquita mayor para, más tarde, cuando las obras del templo habían llegado al hastial occidental, construir un espacio cuadrangular rodeado de arquerías. Las estructuras porticadas, fueron comenzadas por el maestro Rodrigo Alfonso y terminadas, en el primer tercio del s. XV, por el maestro Alvar Martínez, tenían una sola altura y los arcos decorados con tracerías (Navascués 2011).

Mientras los cabildos vivieron en comunidad bajo una regla, sus necesidades determinaban los edificios y los espacios a construir, cambiando estos cuando el cabildo se independizaba (Carrero 1999).En Toledo, el origen y las posteriores transformaciones del entorno claustral siguierontambién la historia del cabildo y de sus arzobispos. Pocos años después de restaurada la sede episcopal, durante el s. XII, el cabildo toledano abandonó la vida en comunidad,aunque fueron frecuentes, a lo largo de su dilatada historia, las revisiones de constituciones y estatutos, y los enfrentamientos entre el cabildo, que deseaba mantener su independencia, y los arzobispos, que trataban de someterlos (Lop 2010). Por sus consecuencias arquitectónicas, fue decisivo el intento de Cisneros de recuperar la vida en comunidad a finales del s. XV, materializado en la construcción de una planta sobre el claustro para habitaciones del clero.

Dependencias claustrales

Una vez abandonada la vida en comunidad, los claustros que se comenzaron a levantar en el s. XIII tenían, sobre todo, un uso funerario. El de Toledo, iniciado en la segunda mitad del s. XIV, bajo el pontificado de don Pedro Tenorio, se construyó en torno a su capilla funeraria, cuya situación en el eje de una de las crujías, parece determinar la ubicación del propio claustro (Yuste y Passini 2011). Pero Tenorio, no sólo inició la construcción de la compleja estructura claustral, sino que, además, mandó labrar una librería donde depositar la biblioteca que donó a la catedral y, posiblemente, un nuevo cabildo o sala capitular[1] (figura 1).

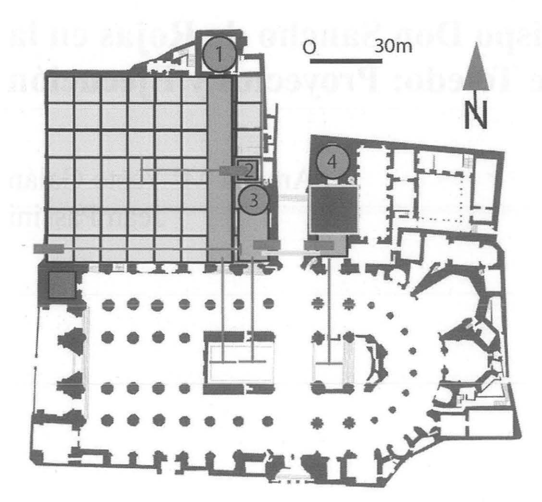


Figura 1
Planta de la catedral de Toledo. Situación de las capillas y su relación con el claustro: 1.- S. Blas, 2- Sagrario de S. Pedro, 3.- S. Pedro y 4.-Sagrario y Ochavo (dibujo de Jean Passini 2013)

Hasta entonces, los libros considerados objetos preciosos, se guardaban en el Sagrario bajo la custodia del Tesorero. Tenorio creó la Biblioteca como un depósito estable e independiente (Gonzálvez 1973). La librería capitular, reunía una importante colección de códices y libros, y estaba en relación directa con la escuela de la catedral, por ser ámbitos generalmente vinculados[2].

Lo que conocemos de la Biblioteca o Librería a través de los documentos medievales que hablan de ella genera bastante confusión.De la «soberbia y suntuosa» librería que describía Tenorio, y a quien su demostrada capacidad como promotor edilicio le hace digno de toda credibilidad,se pasa, en poco más de cien años, a un «recinto incómodo y mezquino», que encontró Cisneros cuando fueen busca de los códices mozárabes[3].

Entre los pontificados de ambos prelados, el cardenal Mendoza también modificóla librería, «alargándola» y decorándola con esculturas talladas por el maestro Egas Cueman[4].Tras la ampliación de Mendoza, probablemente hacia el norte, Cisneros decidió nuevamente ampliarla trasladándola a un lugar más adecuado.En 1549, la descripción de Blas Ortiz sitúa la librería en una sala en alto, a la que se accede subiendo por una escalera que se encuentra en el aula derecha de la entrada principal al claustro (Gonzálvez y Pereda 1999, 262).

Otro testimonio interesante, para tratar de entender las transformaciones de este espacio en torno al claustro, es el de fray Pedro de Quintanilla y Mendoza, escrito en 1653. Fray Pedro describe el lugar entre la capilla de San Pedro y del arzobispo Tenorio, como «un espacio muy imperfecto» que salía a la Chapinería, donde Cisneros trazó una puerta para que entrara y saliera la reina, un oratorio, en el tramo que quedaba hasta la capilla de Tenorio, que luego llamaron sala del Capítulo, y la Librería principal, una sala muy espaciosa cubierta de pinturas, en un entresuelo, entre la Sala Capitular y los cuartos altos[5].

¿Dónde se situaba la suntuosa librería que mandó construir el arzobispo Tenorio? ¿Y el cabildo nuevo que se cita en 1383? ¿Ha quedado algún resto de estos singulares espacios construidos a finales del s. XIV?Durante el estudio de la parroquial de San Pedro, erigida como capilla funeraria del arzobispo don Sancho de Rojas en la siguiente etapa constructiva del claustro, surgieron algunas posibles respuestas a esas preguntas.

La Capilla de San Pedro

Siguiendo el ejemplo de Tenorio, y ante la falta de espacio en el interior del templo, don Sancho de Rojas, arzobispo de Toledo entre 1415 y 1422, decidió erigir su capilla funeraria,como era costumbre, en el perímetro de la iglesia catedral. Para ello tomó el espacio que quedaba entre la puerta norte del crucero, la Puerta del Reloj, y la entrada principal al claustro, la Puerta de Santa Catalina, levantando su capilla, en paralelo a la crujía este del claustro o nave de San Blas, y abriendo la puerta de los pies a la nave del evangelio de la iglesia catedral (figura 2).

En 1426 se trasladó la parroquia desde la antigua capilla, situada en el interior del templo, a la nueva capilla de San Pedro, para atender a los vecinos de las Cuatro Calles, el barrio de la catedral[6].La parroquia está vinculada con el claustro y su sistema constructivo.Ocupa en longitud tres tramos y, siguiendo su misma lógica arquitectónica, recupera las fuerzas de las bóvedas en los pilares, lo que permitió elevar sus muros y abrirlos en busca de luz. A pesar de ello, y en contraste con las proporciones del claustro y del tem-

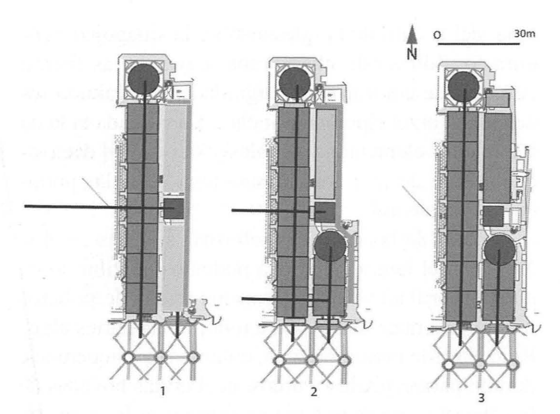


Figura 2
Transformaciones de la crujía este. Fase 1: capilla de San Blas y franja paralela destinada a dependencias auxiliares, último tercio del s. XIV. Fase 2: capilla de San Pedro, primer tercio del s. XV. Fase 3: ampliación hacia el norte, Biblioteca y sacristía de San Blas, principios del s. XVI (dibujo de Jean Passini 2013)

plo, su espacio difiere sustancialmente de lo construido en el complejo catedralicio.La capilla, a modo de iglesia de una sola nave, con cabecera poligonal y dos tramos cubiertos con bóvedas de terceletes, se desarrolla en altura y sus muros se perforan con estilizados vanos para dejar entrar la luz, presentando el gótico más avanzado del momento[7] (figura 3).

En el ábside de siete paños, los altos ventanales se decoran con tracerías a base de triángulos curvilíneos (cerrados en su mayoría) mientras que, en el tramo medio, seabrióun vano en el muro norte y otro en el muro sur, del que solo conserva las tracerías el que da al claustro, aunque cegadas cuando se levantó el segundo piso[8].Los vanos se apoyan en una cornisa que recorre toda la nave, completándose en la cabecera con arquillos trilobulados[9]. A los pies se levantó una tribuna con antepecho calado.El acceso a la capilla desde la catedral se hace a través de una gran portada. Pero tenía dos puertas más, una que comunicaba con el claustro, para las procesiones claustrales y, posiblemente, otra que daba a Chapinería para poder atender a los fieles sin tener que pasar por la catedral (Campoy 1926, 111).

La portada principal, situada a los pies, está formada por un arco apuntado que cobija otro escarzano, generandoel tímpano sobre el que se coloca un gran escudo de Rojas sujeto por dos águilas. La por-

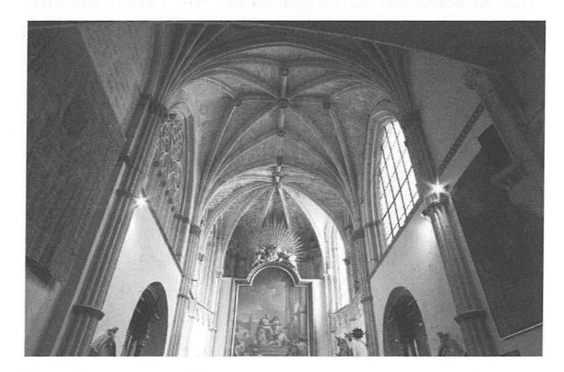


Figura 3
Capilla de San Pedro, interior (foto de los autores 2013)



Figura 4
Capilla de San Pedro, puerta principal (foto de los autores 2013)

tada se cierra con una reja de hierro, obra de Juan Francés.Las arquivoltas se decoran con cordones anudados, escudos que repiten las armas del arzobispo don Sancho, hojas de roble, de vid, de palma, de acanto, de cardo, y las conocidas hojas que aparecen en las obras de esta época en el claustro: lanceoladas con roleos en los extremos, alternando con pequeñas figuras y animales fantásticos. Destaca la jamba más ancha de la primera arquivolta, en cuya superficie crece un árbol en el que, rítmicamente, se va desplegando una filacteria con un poema que ensalza las virtudes de don Sancho (Parro [1857] 1978, 1: 489-90) (figura 4).

El arco se remata con una chambrana de la que solo quedan sendas hojas de berza en el arranque y las dos ménsulas sobre las que se apoya con esculturas figuradas(insistiendo en la iconografía del sol y la luna, del triunfo de la iglesia sobre la sinagoga)[10] (figura 5). Sobre esta chambrana, cuyas hojas fueron cortadas, se colocaron las dignidades del cabildo rodeando al arzobispo don Sancho[11].La cuidada talla de todos estos elementos vegetales y su original disposición hacen de esta portada una joya entre las portadas de la catedral.

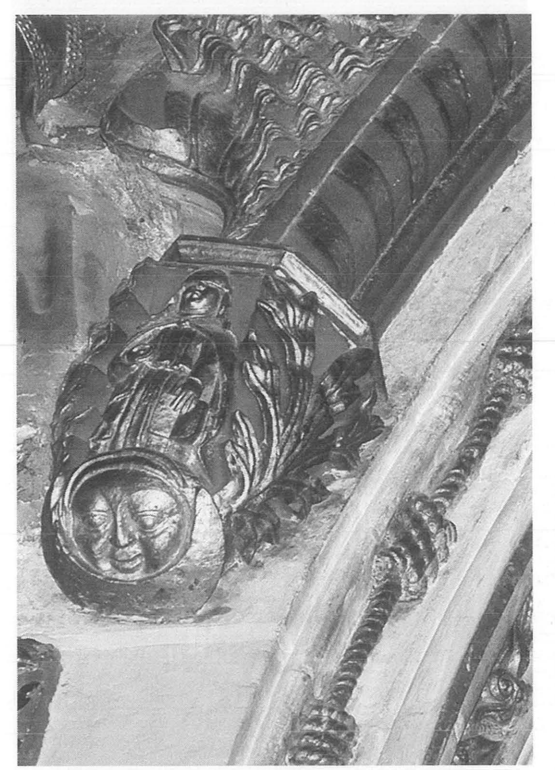


Figura 5
Puerta principal de la Capilla de San Pedro. Ménsula izquierda con la figura de la Sinagoga (foto de los autores2013)

A pesar de las drásticas reformas sufridas en el s. XVIII en el interior, todavía podemos percibir su riqueza y brillantez[12]. Destacan los restos de policromía que se mantienen, sobre todo en las partes altas. Rojo y verde para molduras, columnas y baquetones; dorado para capiteles y arcos, azul en las bóvedas de la cabecera, donde todavía se reconocen las estrellas plateadas que lo salpicaban, y ocres en las bóvedas de los tramos de la nave, en cuyos nervios se distinguen los dragones o sierpes que los decoraban. Las claves, además de ostentar el repetido escudo del arzobispo, presentan en lacabecera y en el primer tramo a San Pedro y a San Pablo, respectivamente.

La distribución de la capilla era diferente a la que hoy vemos. En la cabecera, cerrada por una reja en 1484, delante del altar, se encontraba el sepulcro de don Sancho, guarnecido con una caja de madera y cubierto con un guadamecí colorado[13].A pesar del rápido avance de las obras, el traslado del cuerpo del arzobispo a su capilla no tuvo lugar hasta 1440[14]. Durante este tiempo estuvo depositado en el cabildo.Pero ¿dónde estaba el cabildo o sala capitular a finales del s. XIV y principios del XV?[15]

El Sagrario o Sacristía

Tras la cabecera de la iglesia de San Pedro, se sitúa lo que hoy se conoce como sacristía y que se denominaba sagrario en la documentación medieval. Un pequeño e irregular pasillo comunica el sagrario con la parroquial. La distancia que cubre y el ángulo que dibuja hacenpensar en este paso como una solución forzada para comunicar dos espacios independientes en origen.

El sagrario o sacristía ocupa una estancia de planta cuadrada y techo plano, abierta en el lado este a una ampliación posterior con una ventana a la calle de Chapinería, formando una amplia estancia rectangular. En su muro sur hay una escalera que conduce a una planta superior donde se conserva la estructura original de esta sala, cubierta con bóveda de crucería

cuya clave se decora con las armas del arzobispo don Sancho de Rojas: en oro cinco estrellas de sinople puestas en aspa.

En una primera fase, esta capilla, de planta cuadrada, situada en un lugar preeminente, se cerraba por uno de sus lados con un fuerte muro del que se pueden ver los arranques[16].Su grosor es de, aproximadamente, 1,50m de ancho y puede ser el único testigo, identificado hasta el momento, del muro perimetral del claustro, trazado, posiblemente, en una época muy temprana en la historia de la catedral, antes de la construcción de las galerías porticadas,que encerraría los edificios y dependencias anexas al servicio de la catedral y los espacios todavía no construidos, delimitando así el complejo claustral.

Por los restos conservados, la conocida como sacristía de San Pedro, fue en origen una sala de planta cuadrada,situada en el eje este-oeste del claustro, en un lugar privilegiado, que sigue el mismo sistema constructivo y forma parte de él[17].Esta pequeña sala, pudo ser una fundación funeraria más en el espacio tradicional de enterramientos que era ya el claustro, o bien el lugar de reunión del cabildo que, como vimos, a finales del s. XIV renovaba el arzobispo don Pedro Tenorio. En cualquier caso, pertenece formal y estructuralmente al último periodo de la construcción del claustro, en una etapa anterior a la obra de la capilla de San Pedro[18] (figura 6).

Probablemente, cuando don Sancho decidió enterrarse en la catedral, y se planteaba el diseño de la gran capilla, remodeló esta sala, elevándola, para cubrirla con una sólida bóveda de crucería, hoy oculta tras una división posterior, y tallando en la clave su escudo. Es el momento que identificamos como la segunda fase en la transformación de la sala (figura 7).

Según consta en un asiento de los libros de la Capilla de San Pedro, el cuerpo de don Sancho estuvo depositado durante años en el cabildo, lo que hace que nos inclinemos a identificar el lugar donde reposó hasta su sepultura definitiva ante el altar de San

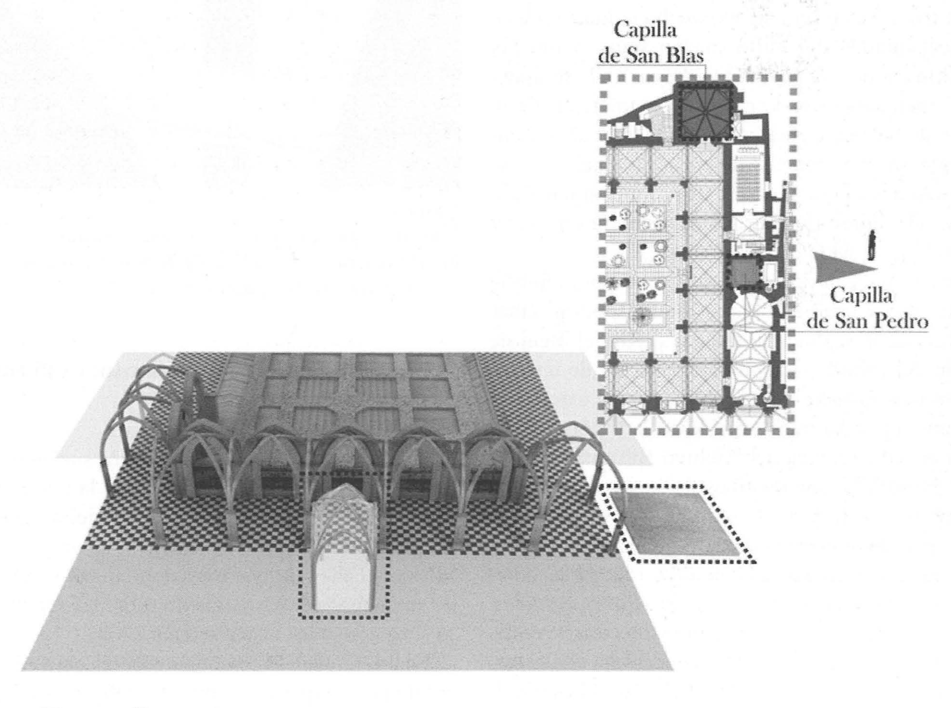


Figura 6
Claustro de la catedral. Sala de planta cuadrada situada en el eje este-oeste, convertida posteriormente en Sagrario de la Capilla de San Pedro (Ilustración de Matías Capuchino 2013)



Figura 7
Bóveda del Sagrario de la Capilla de San Pedro (foto de los autores 2013)

Pedro, con esta sala abovedada en cuya clave campean sus armas rodeadas de cabezas masculinas y con los nervios de la bóveda decorados con sierpes que protegían dicho espacio, como la Sala Capitular[19].

Una vez convertida en parroquial de San Pedro, la capilla tras su cabecera se aprovechó como sagrario. Las necesidades del culto dieron lugar a nuevas transformaciones. A principios del s. XVI, se anota en los apuntamientos de gastos la ampliación de la sala; probablemente, fue entonces cuando se rompió el antiguo muro perimetral de la claustra, para abrirse el espacio anexo que también llamaron capilla. Poco después decidieron construir una cámara en alto y sótanos bajo el suelo de la sacristía[20].

Sobre la bóveda de esta capilla, es decir, sobre la sala de planta cuadrada cuya función podría haber sido durante la segunda mitad del s. XIV el lugar de reunión del cabildo, se conserva, el resto de una estructura más antigua, sólo visible desde el exterior, y cuyo interior se ha transformado en la última restauración en sala Técnica del Archivo-Biblioteca. Estos restos presentan decoraciones de leones y castillos tallados en las dovelas de un arco que remiten a la decoración de la Portada de Santa Catalina(figura 8).

Dicho arco, encuadrado con alfiz, rellena las enjutas con temas vegetales y sillares reaprovechados. Parece el único testigo de una construcción, levantada sobre el muro perimetral que encerraba el claustro y que conformaba el lado este de la capilla cuadrada descrita. Este espacio, construido sobre la sala, y transformado en paralelo a las intervenciones llevadas a cabo por Rojas, pudo pertenecer a la antigua Librería construida por Tenorio.



Figura 8
Vano decorado en los restos de una estructura anterior sobre el Sagrario, entre la Capilla de San Pedro y la Biblioteca Nueva (foto de los autores 2013)

El Claustro abierto a la ciudad: la Puerta del Mollete

En general los claustros catedralicios suelen ser espacios cerrados, abiertos únicamente a la iglesia y a las dependencias que comunica. En Toledo, hay constancia documental de la existencia de un postigo que salía a la calle desde el primer tercio del s. XV, cuando se publicó el ordenamiento sobre las sepulturasbajo las galerías del claustro (Lop 2003).

En 1426, cuando se comienzan las obras de la Torre de las campanas, el maestro mayor Alvar Martínez, junto con el aparejador, Diego Martínez, mandaron tirar *el antepecho de la puerta de la claustra* para hacer andamios por donde entrase la piedra para la obra de la torre[21].

La portada, que hoy vemos situada en el ángulo sureste del claustro, de apuntado y estrecho arco enmarcado por alfiz de tradición mudéjar, repite las proporciones empleadas en la capilla de San Pedro. Está formada por tres arquivoltas apoyadas en capiteles corridos; el encuadramiento se remataba con ménsulas decoradas con figuras de las que hoy solo queda la de la derecha. En las enjutas aparecen los escudos del arzobispo don Sancho de Rojas entre decoración vegetal que surge de las fauces de un dragón[22].

Los arcos se decoran con el tradicional muestrario de hojas que arrancan de la boca de pequeños animales o de cabezas masculinas encajadas entre las molduras;hojas de roble y de vid, hojas de módulo cuadrado y hojas lanceoladas con roleos en los extremos que encontramos repetidas en las obras del claustro realizadas bajo el maestrazgo de Alvar Martínez.

En las arquerías destaca la presencia de la clave en el arco interior y en el exterior, lo que demuestra el alto grado de maestría alcanzado,en consonancia con la novedosa arquitectura que se estaba realizando en la capilla de San Pedro. La clave del primero, se decora con dos pequeñas cabezas de niño, una sobre otra en cada registro, en la parte frontal, y en la interior una cabeza de león entre hojas[23].

La puerta comunica el claustro con la ciudad y se la conoce,por un lado, como la del Mollete, por el pan que allí se repartía a los pobres desde finales del s. XV (Lop 2003, 366) y, por otro, como la de la Justicia, porque junto a ella tenía su asiento el Vicario General (Parro[1857]1978, 1: 656) (figura 9).

Pero las peculiaridades que muestra esta portada, tanto en el material empleado, como en su disposición, así como en la iconografía, nos han hecho plantearnos dudas sobre su origen y su ubicación.En cuanto al material empleado, los sillares son de caliza blanda (de la cantera de Olihuelas) que, aunque fue utilizada en varias partes de la catedral, el estado de deterioro por la erosión evidencia que no era la mejor elección para emplearla al exterior.

Por otra parte, el paño del muro donde se ubica está formado por sillares mal dispuestos, que no siguen la hilada de la piedra sino, más bien, parecen haber sido traídos de otro lugar y recolocados. Si añadimos el desorden en el que aparecen algunos de los elementos decorativos de sus jambas (Azcárate 1950, 6), nos lleva a cuestionar que fuera tallada para el postigo que comunica el claustro con la calle, donde hoy la vemos.

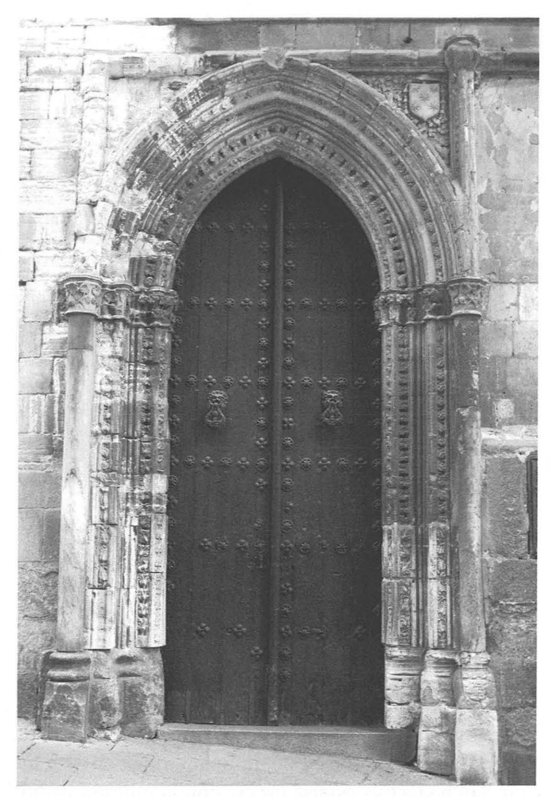


Figura 9
Puerta del Mollete, situada en el ángulo sureste, comunica el claustro con la calle (foto de los autores 2013)

Las figuras delas arquivoltas, como las pequeñas cabezas de niños, los repetidos escudos del arzobispo y los dragones protegiendo sus armas, que evocan las sierpes pintadas en los nervios de la sala cuadrada, conocida como sacristía, y en la propia capilla de San Pedro, componen un mensaje funerario que, junto al análisis estructural y formal de la portada, nos conducen a proponer que, en origen, la portada conocida como del Mollete fuera trazada para otro lugar.

Dos hipótesis sobre su ubicación original

Campoy (1926) sostenía que la capilla estaba abierta al exteriorpara facilitar la atención a sus fieles, de tal manera que se pudiera entrar y salir de ella sin pasar por la catedral[24],y se comunicaba con el claustro a través de un postigo para las procesiones.

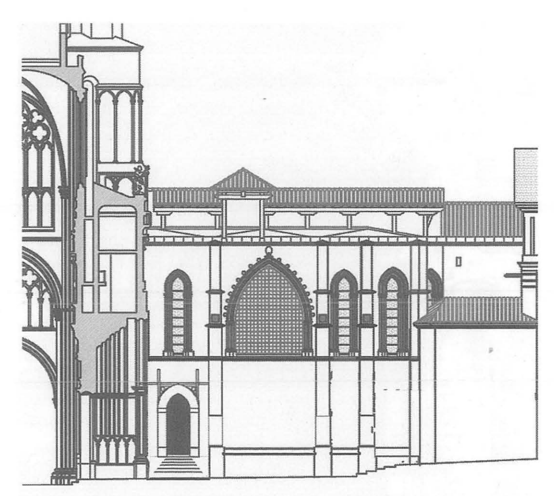


Figura 10
Capilla de San Pedro, muro este. Primera hipótesis: situación de la Portada al exterior (dibujo de Jean Passini 2013)

Los restos de un vano cegado que se observan en el último paño del muro este, en ángulo con la puerta del Reloj, indican un diseño diferente del muro exterior, presentandoun ritmo en las arquerías queplantea la posibilidad de que existiera una portada en este lugar. Dichoacceso estaría en eje con la entrada lateral al espacio que, a modo de atrio, se creó ante el antiguo Sagrario gótico (figura 10).

Sin embargo,por el análisis formal del claustro y la elección del material empleado nos inclinamos sobre la hipótesis de su ubicación al interior (figura 11).Probablemente, la portada estuviera colocada en el paso entre la capilla y el claustro, casi en ángulo con la portada de Santa Catalina, en el postigo abierto a los pies en el muro oeste[25].La portada formaría parte de la fachada interior del claustro,del escenario donde se desarrollaban las procesiones, al que también dan las portadas de San Blas y de Santa Catalina (situadas en el eje norte-sur). Al igual que ellas la portada de la capilla se colocó en uno de los ejes: el este-oeste.Posteriormente, se desplazó al oeste, en el mismo eje, pero trasladándola al exterior, posiblemente cuando finalizaron las obras de la Torre de las Campanas, en la segunda mitad del s. XV.

Como conclusión, proponemos que la portadadel Mollete fue trazada para el postigo lateral que comunica la capilla funeraria de don Sancho de Rojas, en la parroquial de San Pedro, con elclaustro, y formaba parte, junto con las demás portadas de la liturgia que allí se celebraba.Además, lo que hoy conocemos como su sacristía, fue en origen la sala donde se reunía el cabildo y,encima de ella, se conservan los restos de la antigua Librería construida sobre el muro perimetral que encerraba la claustra.

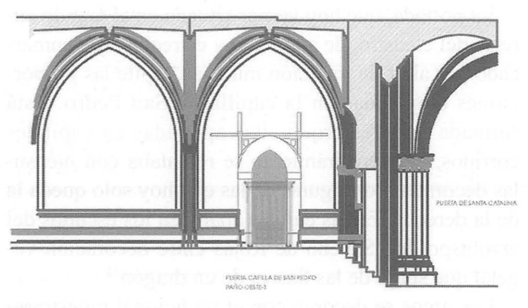


Figura 11
Capilla de San Pedro, muro oeste. Segunda hipótesis: situación de la portada al interior, en el postigo que comunica la capilla con el claustro (dibujo de Jean Passini 2013)

Notas

1. ACT, OF. 760, f. 48r-55v. En el libro conservado del s. XIV se anotan los trabajos que se llevaban a cabo en la librería y en el cabildo nuevo. En julio se colocaba el suelo de la librería y en octubre Tenorio, en un acto solemne en la sala capitular, señaló que acababa de labrar una *soberbia y suntuosa librería* en el claustro y mandó traer todos sus libros que pidió se dejasen en el Sagrario hasta su completa terminación (Gonzálvez 1973).
2. Conservamos una referencia de la escuela en la primera mitad del s. XIV que la sitúa en la crujía este. ACT, I.10.A.1.3. Año 1334, «la qual capiella es entrante la claustra A man derecha do es la escuella del claustrero…».
3. Alvar Gómez de Castro, cuenta que el cardenal visitó la librería encontrándola instalada en un recinto incómodo y mezquino, carente de aire y luz y equipada con cicatería, y comenzó a estudiar el modo de trasladarla a un lugar más adecuado (Mateo 2003, 7).
4. La intervención de Cueman en las obras de la librería se recoge en la documentación junto con los pagos a otros pedreros por la silla arzobispal: ACT, Diversos, X.3.A.4.16 cosido al I.7.1.10, f. 7v-14r.
5. Mateo sugiere que la antigua Librería que describe Gómez de Castro, podía localizarse en un habitáculo de

una entreplanta interior, entre el actual Archivo Capitular y la Librería (Mateo 2003).

6. El arzobispo Martínez de Contreras, albacea testamentario de don Sancho, mandó, siguiendo los deseos de su predecesor, que la capilla se dedicara a S. Pedro y sustituyera a la vieja parroquial que se había quedado pequeña. En ese año todavía no se había trasladado el cuerpo del arzobispo porque las obras no estaban terminadas. ACT, FCSP, L. 43.
7. El estrecho espacio que había al este del claustro, desde la galería al muro perimetral, se duplicó, ensanchándose y, transgrediendo la lógica del edificio, se tapó parte de la fachada norte del crucero, incluyendo en la capilla el contrafuerte oeste de la portada y el gablete lateral, aprovechando la escalera de caracol interior del contrafuerte como acceso a la tribuna de los pies. La ocupación de este espacio por la capilla de S. Pedro será el principio de la ampliación de la franja que corría paralela al claustro.
8. Las tracerías del vano presentan un estilo más avanzado que las de la cabecera siendo atribuidas al taller de Hanequín de Bruselas (Azcárate 1950).
9. Respecto a los pedreros que trabajaron en la capilla véase Yuste y Passini (2011, 2: 1.486).
10. Ambas figuras femeninas representan, la de la izquierda a la Sinagoga, sobre la luna con los ojos vendados y las tablas de la ley y, la de la derecha, a la Iglesia, sobre el sol, coronada, con el cáliz en una mano y en la otra un estandarte erguido.
11. Sobre el arzobispo está S. Pedro, sustituido a finales del s. XV por otra talla de madera. ACT, FCSP, L. 32, f. XCr. Las realistas figuras del Vicario y del Capellán Mayor, que destacan frente a las estereotipadas formas del resto, se añadieron posteriormente. Ambos oficios fueron ascendidos al rango de dignidades por Carrillo en 1462, aumentando entonces el número a catorce (Lop 2003, 158).
12. Intervenciones que desplazaron los sepulcros a los laterales y sustituyeron el retablo medieval. Sobre las reformas: ACT, FCSP, L. 32 y Pérez (1992).
13. ACT, OF. 117, f. 6r.
14. En ese año se celebraron los aniversarios por el traslado. Consecuencia de la colocación del sepulcro en el centro del ábside fue la elevación, tres años más tarde, del altar (Pérez 1992).
15. Las noticias que conocemos del lugar de reunión del cabildo en el s. XIV son las recogidas en 1383, cuando Tenorio donó su biblioteca, aunque no detalla su situación; y, posteriormente, en 1397, cuando otorgaba la escritura de su fundación en la Capilla de Sta. Catalina, donde «los señores deán y cabildo acostumbraban a reunirse» (Campoy 1926, 108) y (Sánchez-Palencia 1985, 19). A finales del s. XV el cabildo se reunía bajo la torre sur, espacio que Cisneros adquirió para restituir el rito mozárabe, comprometiéndose a construir una nueva sala capitular en la zona del ábside. Es interesante señalar que en el tramo 23 del claustro (el segundo de la crujía este) la clave de la bóveda se decora con una figura de Sta. Catalina, quizás en recuerdo de la capilla que bajo su advocación existía.
16. Los restos de este muro se reflejan en dos salientes que se pueden observar tanto en los planos levantados en el s. XIX como en los realizados durante la última restauración en 2011 (Navascués 2011, 156).
17. La altura de su bóveda, a 1,20 m por debajo de las del claustro, recupera las fuerzas de las de la crujía este, transmitiendo los empujes a través de ella hasta el fuerte muro perimetral. El sistema de transmisión de fuerzas es similar al utilizado en las naves laterales de la catedral. Probablemente, ese fuera el planteamiento estructural de toda la galería este del claustro.
18. La sala se comunicaría directamente con el claustro a través de una portada, quizás colocada en el hueco de las dos profundas alacenas construidas en el muro oeste, o directamente a través de un arco abierto a la galería.
19. Los nervios de la bóveda mantienen los dragones, posiblemente repitiendo los originales, que junto a la clave, tallada con cabezas masculinas de diferentes edades y en relación directa con las del claustro, le dan un sentido funerario que abunda en la interpretación del espacio como el lugar donde estuvo el cuerpo del arzobispo desde su muerte, en octubre de 1422, hasta su traslado a S. Pedro en 1440. ACT, FCSP, L. 43. Juro perpetuo, f. 13v.
20. En 1495 se hizo un lavatorio en la sacristanía y en 1503 una capilla y una cámara encima. Los documentos reflejan también la existencia de una tribuna para que el sacristán pudiera dormir dentro de la capilla. Tribuna que también existía en la capilla de S. Blas. ACT, FCSP, L. 32.
21. ACT, OF. 764, f. 83v.No parece que el postigo bajo la obra de la torre por el que entraba y salía el material fuera lugar para una portada decorada. En ninguno de dichos apuntes se da nombre a la puerta. En el s. XVI se mandaron cerrar otras puertas de la claustra que salían a la calle (Yuste y Passini 2011, 2: 1.487).
22. De los dos escudos solo se conserva el del lado derecho, pero ambos se pueden ver en las fotos del s. XIX tomadas por Laurent y Casiano Alguacil. En dichas imágenes se ven los restos de la figura que remataría la portada, probablemente un ángel sosteniendo el escudo del arzobispo (Pareja 2008, 119).
23. Cabezas relacionadas con las de la clave de la sacristía de S. Pedro.
24. Hoy se sale a la calle por una pequeña puerta situada en la cabecera.
25. En 1429 se está asentando el arco hacia la claustra. ACT, FCSP, OF 116, f. 3v.

Lista de referencias

Azcárate Ristori, J. Mª. 1950. «Alvar Martínez, Maestro de la Catedral de Toledo». *AEA*, XXIII: 1-15.

Campoy. 1926. «Capilla parroquial de San Pedro en la Iglesia Primada». *BRABACH de Toledo*, IV: 107-22.

Carrero Santamaría, Eduardo. 1999. «La funcionalidad espacial en la arquitectura del medievo y las dependencias catedralicias como objeto del estudio histórico-artístico». *Medievalismo: B.S. E. E. M.*, 9: 149-76.

Gonzálvez Ruiz, Ramón. 1973. «La Biblioteca Capitular de Toledo en el siglo XIV». *Toletum, 6*: 29-56.

Gonzálvez, Ramón y Felipe Pereda. 1999. *La Catedral de Toledo. 1549. Según el Dr. Blas Ortiz. Descripcion Graphica y Elegantissima de la S. Iglesia de Toledo*. Toledo.

Lop Otín, Mª José. 2003.*El Cabildo Catedralicio de Toledo en el siglo XV. Aspectos institucionales y sociológicos*. Madrid.

Lop Otín, Mª José. 2010. «El Cabildo Catedral». *La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de Historia*. 94-103. Burgos.

Mateo Gómez, Isabel. 2003. «La Librería de Cisneros en la Catedral de Toledo según los textos de Gómez de Castro (1569) y Quintanilla (1653): Hipótesis sobre su traza y programa Iconográfico». *AEA*, LXXVI, 301: 5-21.

Navascués Palacio, Pedro et al. 2011. *La Catedral de Toledo Obra y Fábrica*. Barcelona.

Parro, Sixto Ramón. [1857]1978. *Toledo en la mano*. Toledo.

Pérez Higuera, Teresa. 1992. «El sepulcro del arzobispo don Sancho de Rojas, en su capilla de la Catedral de Toledo». *Homenaje al profesor Hernández Perera*. Madrid: 577-83.

Sánchez-Palencia Mancebo, Almudena. 1985. *Fundaciones del arzobispo Tenorio: La Capilla de San Blas en la Catedral de Toledo*. Toledo.

Pareja,Antonio (ed.). 2008. *Toledo entre dos siglos en la Fotografía de Casiano Alguacil 1832-1914*. Toledo.

Yuste Galán, Amalia Mª y Jean Passini. 2011. «El inicio de la construcción del claustro gótico de la catedral de Toledo». *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción.*II: 1.477-88.Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Lista de Autores

Addis, Bill. Coeditor International Journal of Construction History.
Aliberti, Licinia. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Almagro Gorbea, Antonio. Laboratorio de Arqueología y Arquitectura de la Ciudad. Escuela de Estudios Árabes. CSIC. Granada.
Alonso Rodríguez, Miguel Ángel. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Alonso Ruiz, Begoña. Departamento de Historia Moderna y Contemporánea. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Cantabria.
Anaya, Jesús. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónica. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Antolín Cano, Isabel. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Arribas Blanco, Ruth. Universidad de Navarra.
Balaguer Dezcallar, Mª Josefa. Universidad Politécnica de Valencia.
Bauder, Eve. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Benítez Hernández, Patricia. Departamento de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación.
Escuela de Arquitectura Técnica. Universidad Politécnica de Madrid.
Benito Pradillo, Mª Angeles. Escuela Politécnica Superior. Universidad San Pablo CEU.
Bravo Guerrero, Sandra Cynthia. Universidad Politécnica de Madrid.
Bühler, Dirk. Deutsches Museum.
Burgos Nuñez, Antonio. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación. Universidad de Granada.
Cacciavillani, Carlos. Facultà di Architettura. Università degli studi G. D'Annuzio. Chieti-Pescara.
Calvo López, José. Universidad Politécnica de Cartagena.
Cámara Muñoz, Leandro. Arquitecto.
Camino Olea, María Soledad. Universidad de Valladolid.
Cantó, José Antonio. Arquitecto.
Carvajal Alcaide, Rocío. Escuela Politécnica Superior. Universidad San Pablo CEU.
Casals, Albert. E.T.S. de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña.
Caso Amador, Rafael. Arqueologo.
Cassinello Plaza, María Josefa. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónica. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Castanho García, Alvaro José. Universidad Politécnica de Madrid.
Chamorro Trenado, Miguel Ángel. Universidad de Girona.
Corradi, Massimo. Dipartimento di Scienze per l'Architettura. Università degli Studi di Génova.
Cortés López, Miriam Elena. Universidad de Santiago de Compostela.
Cortés Meseguer, Luis. Universidad Politécnica de Valencia.
Costa y Jover, Agustí. Arquitecto.
Cristini, Valentina. Universidad Politécnica de Valencia.
Cruz Franco, Pablo. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Cruz Villalón, María. Universidad de Extremadura.
D' Avino, Stefano. Dipartimento di Architettura. Università di Chieti-Pescara.
Dotor Navarro, Alicia. E.T.S. de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña.
Duran Fuentes, Manuel. Ingeniero de Caminos, C. y P. Universidad de La Coruña.

Escobar González, Ana. Junta de Castilla y Leon.
Estepa Gómez, Raimundo. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Feió Álvarez, Karin. Universidad Politécnica de Madrid.
Fernández Cadenas , Mario. Universidad Politécnica de Madrid.
Fernández Cueto, Pablo. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Fernández Piñar, Carlos. Universidad Pontificia de Salamanca.
Fernández-Llebrez Muñoz, José. Universidad Politécnica de Valencia.
Ferrer Forés, Jaime. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña.
Font Arellano, Juana. Fundación Antonio Font de Bedoya.
Fuentes González, Paula. Departamento de Estructuras de Edificación. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Galindo, Jorge. Universidad Nacional de Colombia.
García Baño, Ricardo. Universidad de Murcia.
García Bermejo, Juan Tomás. Universidad Politécnica de Cartagena.
García García, Rafael. Departamento de Composición Arquitectónica. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
García González, Encarnación. Universidad de Alicante.
García Matheu, Esther. E.T.S. de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña.
García Muñoz, Julian. Escuela de Arquitectura Técnica. Universidad Politécnica de Madrid.
García Pulido, Luis. Escuela de Estudios Árabes. CSIC. Granada.
García Soriano, Lidia. Universidad Politécnica de Valencia.
Garofalo, Emanuela. Università degli Studi di Palermo.
Genís Vinyals, Mariona. Universidad Politécnica de Valencia.
Gil Crespo, Ignacio Javier. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Gómez Sánchez, Isabel. Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
González Gaisán, Alfonso. LAR Edificación Urbanismo y Medio Ambiente.
González García de Velasco, Concepción. Universidad de Sevilla.
González Moreno-Navarro, José Luis. E.T.S. de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña.
González Vílchez, Miguel. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Universidad de Sevilla.
Guerra Pestonit, Rosana. Escola Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela.
Guerrero Vega, José María. Universidad de Sevilla.
Gutiérrez Miguélez, Beatriz. Universidad Politécnica de Madrid.
Hernando de la Cuerda, Rafael. Universidad de Alcalá de Henares.
Hernanz Casas, Marcos. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónica. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Huang, Shan. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Huerta, Santiago. Departamento de Estructuras de Edificación. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Iborra Bernad, Federico. Universidad Politécnica de Valencia. feibber@cpa.upv.es
Juan García, Natalia. Universidad de Zaragoza.
Leon Vallejo, Francisco Javier. Universidad de Valladolid.
Lloría Cosín, Miguel Ángel. GCA2 Arquitectura y Urbanismo.
Lluis i Ginovart, Josep. E.T.S. de Arquitectura de Reus. Universidad Rovira y Virgili.
Llunart Curto, Artur. Arquitecto.
Lopera, Antonio. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
López Bernal, Vicente. Arquitecto.
López Mozo, Ana. Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
López Patiño, Gracia. Universidad Politécnica de Valencia.
López Ulloa, Fabián S. Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Magdalena Layos, Fernando. Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control. Escuela de Arquitectura Técnica. Universidad Politécnica de Madrid.
Maira Vidal, Rocío. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Marín Sánchez, Rafael. Universidad Politécnica de Valencia.
Martín García, Mariano. Universidad de Granada.
Martín Jiménez, Carlos. Universidad de Alcalá de Henares.
Martín Talaverano, Rafael. Universidad Politécnica de Madrid.
Martínez Montero, Jorge. Universidad de Leon.
Mascarenhas, Joao. Centro de Estudos Sociais. Universidad de Coimbra.
Mateo Vicente, José Manuel. Arquitecto.
Mateos Enrich, Jorge. Universidad Politécnica de Madrid.
Mazzanti, Claudio. Facultà di Architettura. Università degli studi G. D'Annuzio. Chieti-Pescara.
Merino de Cos, Rafael. Vs Ingeniería y Urbanismo.

Mileto, Camila. Universidad Politécnica de Valencia.
Moll Dexeus, Anna. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. estudio-annamolldexeus.com
Montanari, Valeria. Sapienza Universitá di Roma.
Mora Alonso-Muñoyerro, Susana. . E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Moráis Morán, José Alberto. Departamento de Arte. Universidad de Extremadura.
Morchón Hernández, Belén. Universidad de Valladolid.
Moreno Vega, Alberto. Asociación Cultural Patrimonio Industrial del Sur.
Morros Cardona, Jordi. Universidad Politécnica de Cataluña.
Moya Olmedo, María Pilar. Escuela Politécnica Superior. Universidad San Pablo CEU.
Murillo Fragero, José Ignacio. Arqueologo.
Murru Pilia, Stefania. Dipartimento di Ingegneria Civile Ambientale e Architettura. Università degli Studi di Cagliari.
Natividad Vivó, Pau. Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación. Universidad Politécnica de Cartagena.
Navarro Catalán, David Miguel. Universidad Politécnica de Valencia.
Olivares Abegonzar, Susana. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Onecha Pérez, Belén. E.T.S. de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña.
Orihuela, Antonio. Escuela de Estudios Árabes. CSIC. Granada.
Ortega Sanz, Yolanda. E.T.S. de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña.
Palacios, José Carlos. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Paradiso, Michele. Università di Firenze.
Paredes, Jairo Andrés. Universidad Nacional de Colombia.
Passini, Jean. CNRS-UMR 8558.
Peral, Juan Carlos del. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Pérez de la Cruz, Francisco Javier. Universidad Politécnica de Cartagena.
Pérez de los Ríos, Carmen. Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Pérez Sánchez, Juan Carlos. Universidad de Alicante.
Pérez Sánchez, Vicente Raúl. Universidad de Alicante.
Perria, Elena. Dipartimento Ingegneria Civile e Ambientale. Università di Firenze.
Pinto Puerto, Francisco. Universidad de Sevilla.
Pizarro Juanas, María José. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Planelles Salvans, Jordi. Arquitectura Genis Planelles.
Portal Liaño, Jorge. Arquitecto.
Rabasa Diez, Enrique. Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Rey Rey, Juan. Departamento de Estructuras de Edificación. E.T.S. de Arquitectura.
Universidad Politécnica de Madrid.
Ricart Cabús, Alejandro. Investigador privado.
Río Calleja, Beatriz del. Arquitecta.
Ripoll Masferrer, Ramón. Universidad de Girona.
Rodríguez García, Ana. Universidad de Alcalá de Henares.
Romero Bejarano, Manuel. Universidad de Sevilla.
Romero Medina, Raúl. ESNE. Universidad Camilo José Cela.
Rotaeche Galiano, Miguel. Arquitecto.
Rueda Jiménez, Oscar. Arquitecto.
Rueda Márquez de la Plata, Adela. Arquitecta.
Ruiz-Checa, José Ramón. Universidad Politécnica de Valencia.
Salvat Comas, Jordi. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Girona.
Sanz Arauz, David. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Scibila, Federica. Dipartimento di Architettura. Università degli Studi di Palermo.
Sebastiá Esteve, María Amparo. Universidad Politécnica de Valencia.
Senent Domínguez, Rosa. Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Sinicropi, Daniela. Università di Firenze.
Tarrío Alonso, Isabel. Departamento de Estructuras de Edificación. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Tellia, Fabio. Universidad Politécnica de Madrid.
Tolosa, Ricardo. Universidad Nacional de Colombia.
Toribio Marín, Carmen. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Tormo Esteve, Santiago. Universidad Politécnica de Valencia.
Valcuende Payá, Manuel. Universidad Politécnica de Valencia.
Vegas López-Manzanares, Fernando. Universidad Politécnica de Valencia.
Vela Laina, Vicente Emilio. Arquitecto.
Vicén Banzo, Luis. Arquitecto.
Villaseñor Sebastín, Fernando. Universidad de Cantabria.
Yuste Galán, Amalia. Universidad Complutense de Madrid.
Zaragozá Catalán, Arturo. Generalitat Valenciana.

Índice de Autores


ISBN 978-84-9728-478-3
9 788497 284783